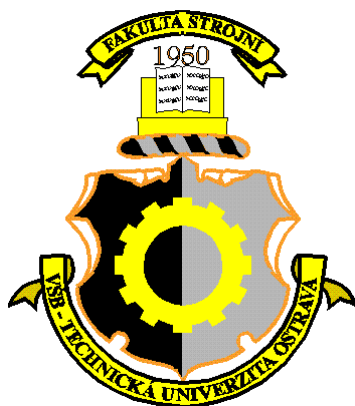


VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra robototechniky



Diplomová práce

Návrh robotu pro čištění bazénů a nádrží

*The Design of Service Robot for Swimming-pool and Tank
Cleaning*

Student:

Bc. Petr Greguš

Vedoucí diplomové práce:

prof. Ing. Jiří Skařupa, CSc.

Ostrava 2010

Zadání DP

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 21. 5. 2010

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 21.5. 2010

.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce: Bc. Petr Greguš

Adresa trvalého pobytu autora práce: Zahradní 296, Chuchelná 747 24

Anotace diplomové práce

GREGUŠ, P. Návrh robotu pro čištění bazénů a nádrží: diplomová práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra robototechniky. 2010, 99 s.

Vedoucí práce: Skařupa, J.

Tato práce se zabývá návrhem a konstrukcí bazénového čistícího robotu. Součástí práce je variantní řešení s výběrem optimální varianty pomocí analýzy v programu TechOptimizer 3.0. Vybraná varianta je zkonstruována ve 3D a rozpracována do úrovně sestavných výkresů s využitím CAD systému Pro/Engineer a AutoCAD 2008. Základní návrhové a kontrolní výpočty jsou uvedeny ve vypracované technické zprávě. Část návrhových a kontrolních výpočtů realizovaných v programu MechSoft Profi For AutoCAD 2002 jsou z důvodu větší přehlednosti uvedeny v příloze, která je součástí této práce. V závěru práce je provedeno zhodnocení dosažených výsledků.

Annotation of thesis

GREGUŠ, P. The Design of Service Robot for Swimming-pool and Tank Cleaning: Master Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University Of Ostrava, Faculty Of Mechanical Engineering, Department Of Robotics, 2010, 99 p. Thesis Head: Skařupa, J.

This work deals with design and construction of swimming pool cleaning robot.

Components work alternative solution to the selection of the optimal design analysis using the program TechOptimizer 3.0. The selected variant is designed in 3D and developed to the level assembly drawings using CAD system Pro / Engineer and AutoCAD 2008. Basic design and check calculations are given in the technical report prepared. Part of the design and check calculations implemented in the program MechSoft Professional For AutoCAD 2002 are due to greater clarity in the Annex, which is part of this work. In conclusion is an assessment of achievements.

Obsah

Seznam použitých značek.....	9
1. Úvod.....	12
2. Přehled současného stavu.....	13
2.1. Typy bazénů a nádrží	13
2.2. Podvodní vysavače	14
2.2.1. Bazénové vysavače ruční	14
2.2.2. Bazénové vysavače poloautomatické	14
2.2.3. Automatické vysavače (roboty)	16
2.2.3.1. Čistící roboty Sdružení Zodiac	16
2.2.3.2. Čistící roboty GEHO – Schwimmbadpflege GmbH	18
2.2.3.3. Čistící roboty Maytronics (Dolphin)	23
2.2.3.4. Čistící roboty iRobot Corporation	31
2.2.3.5. Čistící roboty Aqua Products Incorporated	32
2.2.3.6. Zajímavé typy čistících robotů	35
2.3. Přehled čistících robotů	37
2.4. Závěry vyplývající z rešerše	39
3. Požadavkový list.....	40
4. Výběr optimální varianty v programu TechOptimizer 3.0.....	40
4.1. Varianta A - robot napájený kabelem, s pásovým lokomočním ústrojím	41
4.1.1. Schéma varianty A	42
4.1.2. Vstupní parametry analýzy	43
4.1.3. Funkční model	44
4.1.4. Svinování robotu varianta - A.....	44
4.1.5. Výsledek a zhodnocení analýzy	46
4.2. Varianta B - robot napájený vlastní baterií, s pásovým lokomočním ústrojím	48
4.2.1. Schéma varianty B	49
4.2.2. Vstupní parametry analýzy	50

4.2.3.	Funkční model	50
4.2.4.	Svinování robotu varianta - B.....	51
4.2.5.	Výsledek a zhodnocení analýzy.....	52
4.3.	Varianta C - robot napájený kabelem, s kolovým lokomočním ústrojím	54
4.3.1.	Schéma varianty C	54
4.3.2.	Vstupní parametry analýzy	55
4.3.3.	Funkční model	56
4.3.4.	Svinování robotu varianta – C	56
4.3.5.	Výsledek a zhodnocení analýzy.....	57
4.4.	Výběr optimální varianty.....	58
4.5.	Konstrukční vylepšení výsledné varianty.....	59
4.5.1.	Uživatelské náměty	59
4.5.2.	Efekty programu TechOptimizer 3.0	60
4.5.3.	Metoda morfologické analýzy	62
5.	Popis zkonstruované varianty.....	63
6.	Návrhové a kontrolní výpočty základních konstrukčních prvků	73
6.1.	Návrh pohonu.....	73
6.2.	Výpočet hydrostatického tlaku v maximální pracovní hloubce.....	78
6.3.	Výpočet příkonu čerpadla A6010U	78
6.5.	Vyvážení bazénového čistícího robotu.....	81
6.5.1.	Výpočet tíhové a vztlakové síly před vyvážením	81
6.5.2.	Výpočet tíhové a vztlakové síly po vyvážení	82
6.6.	Výpočet kluzného ložiska.....	83
6.7.1.	Návrh kuželového soukolí.....	84
6.7.2.	Návrh a kontrola hnací a hnané hřídele.....	85
6.7.3.	Výpočet per na kuželovém soukolí.....	86
6.7.4.	Návrh ozubeného řemene a řemenic	86
6.7.5.	Výpočet per k zajištění kol a řemenic	86

7. Řídicí systém a senzorické vybavení čistícího robotu	86
8. Servisní požadavky	88
8.1. Údržba	88
8.2. Montáž	88
8.3. Bezpečnost	88
9. Odhad ceny konstrukce	89
10. Závěr a zhodnocení dosažených výsledků	91
11. Zdroje použité literatury	93
11.1. Seznam tištěné literatury	93
11.2. Seznam internetových zdrojů	93
11.3. Seznam zdrojů u použitých obrázků	95
12. Seznam příloh	99

Seznam použitých značek

Značka	Jednotka	Popis
a	m/s^2	zrychlení robotu
a_r	mm	poměrná délka průmětu povrchu
b	mm	šířka zubů ozubeného kola
b_r	mm	poměrná délka průmětu povrchu
C	N	dynamická únosnost ložiska
C₀	N	statická únosnost ložiska
C_c	$Kč$	celkový součet přibližné ceny
C_{ob}	$\%$	hodnota nákladů
c_x		součinitel odporu těles
d_{s1}, d_{s2}	mm	Ø sacího potrubí
d_v	mm	Ø výtlačného potrubí
d_v	mm	hydraulický průměr
F_a	N	axiální síla
F_f	N	třecí odpory
F_g	N	tíhová síla
F_{GN}	N	tíhová síla nevyváženého robotu
F_{GV}	N	tíhová síla vyváženého robotu
F_h	N	síla potřebná pro pohyb robotu
F_l	N	síla působící na kluzné ložisko
F_n	N	normální síla
F_{ob}	$\%$	hodnota funkčnosti objektu
F_p	N	odpor prostředí
F_{př}	N	přítlačná síla
F_r	N	radiální síla
F_{RN}	N	rozdíl mezi vztl. a tíhovou silou (nevyvážený robot)
F_{RV}	N	rozdíl mezi vztlakovou a tíhovou silou (vyvážený robot)
F_s	N	odpor zrychlení setrvačných rotujících hmot
F_t	N	obvodová síla
F_{vz}	N	vztlaková síla
F_{VZN}	N	vztlaková síla nevyváženého robotu

F_{VZV}	N	vztlaková síla vyváženého robotu
F_z	N	odpor zrychlení
g	m/s^2	tíhové zrychlení
h	m	maximální pracovní hloubka
h_s	mm	výška sacího potrubí
h_v	mm	výška výtlačného potrubí
h_{zs}	mm	ztrátová výška sacího potrubí
h_{zv}	mm	ztrátová výška výtlačného potrubí
i		převodový poměr
J_c	kg/m^2	celkový moment setrvačnosti
J_K	kg/m^2	moment setrvačnosti hnaného kola
J_M	kg/m^2	moment setrvačnosti motoru
$J_{M \rightarrow K}$	kg/m^2	moment setrvačnosti přes převodovku k hnanému kolu
J_p	kg/m^2	moment setrvačnosti převodovky
k_B		bezpečnostní faktor
m	kg	hmotnost
M	Nm	moment
m_{et}	mm	modul
m_N	kg	hmotnost nevyváženého robotu
m_v	kg	hmotnost vyváženého robotu
o	min^{-1}	otáčky na výstupu z převodovky
p	Mpa	měrný tlak v ložisku
P_c	W	celkový příkon
p_D	Mpa	dovolený tlak na plochu
p_h	Pa	hydrostatický tlak
P_m	W	požadovaný výkon pohonné jednotky
P_m'	W	předimenzovaný požadovaný výkon pohonné jednotky
P_{ob}	$\%$	hodnota problémovosti
$P_{pč}$	W	příkon čerpadla
P_{pp}	W	příkon pohonné jednotky
Q_s	m^3/hod	objemový průtok sacího potrubí
Q_v	m^3/hod	objemový průtok výtlačného potrubí

r	<i>mm</i>	poloměr poháněného kola
Re		Reynoldsovo číslo
T_f	%	trimovací součinitel
U	<i>V</i>	napájecí napětí
v	<i>m/s</i>	rychlost robotu
v_k	<i>m/s</i>	kluzná rychlost
V_N	<i>m³</i>	vytlačený objem nevyváženého robotu
v_o	<i>m/s</i>	obvodová rychlost
V_p	<i>m³</i>	potřebný objem plováků
v_s	<i>m/s</i>	rychlost vody v sacím potrubí
v_v	<i>m/s</i>	rychlost vody ve výtlačném potrubí
V_V	<i>m³</i>	vytlačený objem vyváženého robotu
Y_s	<i>J/kg</i>	skutečná měrná energie čerpadla
z₁, z₂		počty zubů kuželového soukolí
ε	<i>rad¹</i>	úhlové zrychlení
η		dynamická viskozita
η_ε	%	účinnost čerpadla
ϑ		součinitel rotačních částí
λ_{s,v}		součinitel tření dle Blasia
μ		trakční součinitel tření
ξ_s		součinitel místní ztráty v sacím potrubí
ξ_v		součinitel místní ztráty ve výtlačném potrubí
ρ_v	<i>kg/m³</i>	hustota vody
ρ_v	<i>kg/m³</i>	hustota robotu
σ_o	<i>MPa</i>	dovolené napětí v ohybu
ν	<i>m²/s</i>	kinematická viskozita

1. Úvod

V současné době zažívá servisní robotika „velký boom“. Do značné míry tomu pomohl i rozvoj vědy a techniky, který umožnil vznik nových technologií pro výrobu. Dochází k miniaturizaci komponent a tím i k rozšíření servisních robotů do odvětví, která vyžadují malé kompaktní pomocníky. Velice často dochází k nasazování robotů na typy činností, které byly bez lidské obsluhy z hlediska proveditelnosti jen těžko představitelné. Jednou takovou činností vhodnou pro servisní robotiku je i čištění bazénů a nádrží. Roboty umožňují čistit jak dno bazénu, tak i stěny. Díky nasazení robotu se mnohem dokonaleji odstraní nečistoty jako vlasy, listí, a další drobný odpad. Obrovskou výhodou je, že minimalizují bujení řas a bakterií a zároveň snižují používání chemikálií v bazénech. Slouží také jako výborný doplněk k centrálnímu filtračnímu systému každého bazénu, neboť zachycují písek uvolněný z pískového filtru.

Ještě donedávna se v některých podnicích, kde je užívání bazénu na denním pořádku, provádělo důkladnější čištění v nepravidelných intervalech. Hlavní překážkou byly ekonomické důvody (bazén se často musel vypustit celý *). Díky pomoci robota, který dokáže čistit napuštěný bazén, a zároveň filtruje vodu, se nyní čištění provádí v pravidelných týdenních intervalech, což má příznivý účinek na kvalitu vody.

Na trhu v dnešní době působí řada výrobců bazénu, kteří do svého sortimentu zařazují servisní roboty pod názvem podvodní bazénové vysavače. Mezi nejvýznamnější a největší výrobce patří Sdružení Zodiac (Francie), GEHO – Schwimmbadpflege GmbH (Německo), Maytronics (Izrael), iRobot Corporation (Izrael) a Aqua Products Incorporated (USA).

Cílem této práce je analyzovat současný trh s bazénovými čističi a navrhnout funkční bazénový čistící robot, který by mohl obstát v konkurenci výrobců uvedených výše.

* Informace poskytnuty pracovníky RÚ Chuchelná

2. Přehled současného stavu

2.1. Typy bazénů a nádrží

Roboty pro čištění bazénů a nádrží se dají rozlišit podle jednoho zásadního kritéria a tím je velikost bazénů. Existuje celá řada typů vodních nádrží lišících se od sebe kromě velikostí také tvarem, z tohoto důvodu pro nasazení bazénových čističů budeme především uvažovat o čtvercových nebo obdélníkových bazénech, které se na trhu vyskytují nejčastěji.

Mezi nejrozšířenější bazény patří malé (rodinné) bazény (**obr. 1**), které díky relativně nízké ceně jsou stále populárnější. Následují středně velké plavecké bazény (**obr. 2**), které můžeme spatřit na plovárnách, veřejných koupalištích a v neposlední řadě v rehabilitačních centrech a lázních. Poslední skupinou jsou polo-olympijské a olympijské bazény (**obr. 3**) pro pořádání velkých sportovních klání a také olympijských her.



Obr. 1



Obr. 2



Obr. 3

2.2. Podvodní vysavače

Pro odstranění nečistot ze dna a stěn bazénů (nádrží) slouží podvodní bazénové vysavače. Podle závislosti na lidské obsluze je dělíme na ruční, poloautomatické a automatické, neboli bazénové roboty.

2.2.1. Bazénové vysavače ruční

Tento typ vysavačů je určen k velmi snadnému a rychlému odsávání nečistot ze dna a stěn bazénů. Je plně závislý na lidské obsluze, která s ním manipuluje. Skládá se z teleskopické, obvykle hliníkové tyče, gumové hadice a hlavice se závažím a kartáči. Jeden konec bazénové hadice se spojí s hlavicí, druhý se připojí na sání skimmeru (sběrač hladinových nečistot) respektive sací trysku v bazénu. Při zapnuté filtraci se vysavač pomocí teleskopické tyče vodí po dně a stěně bazénu, čímž se vytváří "pohyblivé sání". Odsáté nečistoty se zachytí ve filtračním zařízení nebo jsou odsáty přímo do odpadu.

Jako zástupce ručních bazénových vysavačů zde zmíním vysavač *De Luxe 280 mm*. Řadí se mezi velmi oblíbený druh bazénového vysavače. Díky bočním kartáčkům lze snáze vyčistit i špatně dostupná místa, zejména rohy bazénu. Vysavač slouží k odstranění usazenin a nečistot na dně bazénu. Samotný vysavač se skládá ze tří dílů, které se volí dle velikosti bazénu. Jedná se o kartáč (**obr. 4**), teleskopickou tyč a plovoucí hadici. [1]



Obr. 4

2.2.2. Bazénové vysavače poloautomatické

Tyto vysavače spolehlivě vyčistí dno a stěny bazény. Využívají sací síly filtračního systému přes membránu. Membrána rozkmitá hubici ke krouživému pohybu a sací hlava se tak pohybuje po dně sama. Jejich schopnosti jsou takové, že během určité doby (několika hodin) sami vysají nečistoty (kal, řasy atd.) z cca. 95%, zbytek je nutno většinou vysát ručním vysavačem. Vysavač se připojuje pouze k pískové filtraci. Hlavní výhoda poloautomatických vysavačů je, že sníží údržbu bazénu za relativně nízkých nákladů na minimum. Poloautomatické vysavače jsou na trhu zastoupeny hned několika výrobci. Za zmínku stojí Baracudy Sdružení Zodiac (Super G+, Topaze), které využívají exkluzivně technologii Baracuda, která zaručuje odsátí všech druhů nečistot s vysokou účinností, spolehlivostí a umožňuje rapidní vyčištění bazénu. Dalším zástupcem je GW 8000 Twister firmy STA-RITE Industries pracující na principu krouživého pohybu vysavačové hlavy.

Baracuda Super G+

Membránový vysavač **Baracuda Super G+** (obr. 5) efektivně čistí dno a stěny bazénu. Pracuje na principu automatického mobilního vysavače, díky němuž jsou nečistoty zachytávány ve filtračním zařízení. Díky své konstrukci zaručuje dokonalé vyčištění bazénu. Baracuda Super G+ je určený k napojení na skimmer nebo sací trysku. Automatický ventil reguluje správný průtok vody, nutný minimální výkon čerpadla 9 m³/hod. Součástí vysavače je 12m plovoucí hadice a předfiltr na hrubé nečistoty (listy, apod.). [2]



Obr. 5

Baracuda Topaze

Spodní disk u vysavače **Topaze** (obr. 6) byl speciálně navržen pro kompletní údržbu kruhových a oválných bazénů s konstantní hloubkou a pro nadzemní bazény. Princip čištění je podobný jak u předešlého modelu. Hadice automatického vysavače se napojí na skimmer nebo sací trysku. Při zapnutí filtračního zařízení se vysavač, díky technologii sací membrány Baracuda, pohybuje po bazénu a odsává nečistoty, které se zachycují ve filtračním zařízení. Pro správnou účinnost je Topaze, opatřen testerem průtoku a ručně regulovatelným ventilem, kterým se nastavuje správný průtok vody. [3]



Obr. 6

GW 8000 Twister

Poloautomatický vysavač **Twister** (obr. 7), je založen na principu krouživého pohybu vysavačové hlavy, čímž vysává mechanické nečistoty a kartáčuje dno bazénu. Twister je určený pro napojení na skimmer nebo sací trysku. Při zapnutí filtračního zařízení krouživým pohybem odsává a kartáčuje dno bazénu. Odsáté nečistoty se zachycují ve filtračním zařízení. Možnost připojení standardní teleskopické tyče a směřování do potřebných míst, stejně jako běžný ruční bazénový vysavač. Vysavač vyžaduje výkon filtračního čerpadla 7 m³/h. Součástí vysavače je i 10m dlouhá hadice. [4]



Obr. 7

2.2.3. Automatické vysavače (roboty)

Automatické čistící roboty lze rozlišit podle dvou skupin. První skupina rozlišuje, zda se jedná o robot pro domácí malé bazény, střední (plovárny) nebo pro velké sportovní (olympijské) plavecké bazény. Roboty pro malé bazény mají mnohem menší čistící výkon, menší rozměry, ale také kratší délku přívodního kabelu. Pro malé bazény se zpravidla jedná o délku kabelu do 10m. Pro velké sportovní bazény až do 23, případně 35 m (olympijské). Druhá skupina rozlišuje roboty, které dovedou čistit pouze dno a roboty čistící jak dno, tak i stěny bazénů a nádrží do výšky vodní hladiny.

Nedílnou součástí každého bazénového robotu je i praktický transportní vozík sloužící k bezproblémové přepravě celé čistící jednotky včetně napájecího zdroje a plovoucího kabelu z místa uskladnění k bazénu.

2.2.3.1. Čistící roboty sdružení Zodiac

„Vlajkovou lodí“ firmy Zodiac je čistící robot **Lazernaut**. Zahrnuje nejnovější technologie a nejnovější inovace (nová generace mikroprocesoru, patentovaná převodovka, patentovaná „rychlá podložka“, pomocí které řídící systém stanoví nejvhodnější čistící program). Bez nadsázky se dá říci, že se jedná o nejmodernější elektrický robotický čistič v současné době na trhu. Za zmínku však stojí i další dva zástupci firmy Zodiac, robot Indigo a Sweep M3.

Zodiac Lazernaut

Řídící systém robotu **Zodiac Lazernaut (obr. 8a, b, c)** má k dispozici celkem 24 čistících programů, díky nimž jsou pohyby robotu optimalizovány pro příslušné typy bazénů. Robot dále disponuje výjimečným sacím výkonem 20 m³/h, čímž je čištění mnohem důkladnější. Robot je vhodný pro všechny typy bazénů (obdélníkové, oválné, free-forma) do maximálních rozměrů 16x8 m. Omezení maximálních rozměrů spočívá vlivem příváděcího kabelu s plováky o délce 17,5 m.

Vysavač si poradí se všemi typy dna (plochá, mírně nakloněná, kompozitního svahu, hlubší část dna pro potápění) a povrchu dna (obklad, fólie, zesílené PVC a stříkaný beton). Lazernaut čistí i stěny bazénu.

Čištění probíhá za automatického nebo manuálního režimu. Díky dálkovému ovládání zabudovaného do řídící jednotky, lze automatický režim kdykoliv přepnout na ruční režim a dočistit dle nutnosti určitá místa v bazénu. Nastavitelná doba čištění je od 30 minut do 6 hodin. Hmotnost robotu je 9,1 kg. [5]



Obr. 8a



Obr. 8b



Obr. 8c

Zodiac Indigo

Indigo (obr.9a,b) je nenáročný automatický bazénový robot bez možnosti dálkového ovládání. Je osazen dvěma elektrickými motory pro maximální možnou účinnost. Pumpa robotu umožňuje dosáhnout maximální sací výkon 16 m³/h.

Obsahuje pouze dva automatické čistící cykly: *Turbo* 1,5h a *Perfect* 3h. Čistí dno, stěny, schody a bazénovou linku. Zachycení všech druhů nečistot včetně nejjemnějších částic umožňuje jemný filtrační vak (20 mikronů). Tento vak nevyžaduje zvlášť složité čištění. Po každém čistícím cyklu stačí vak propláchnout pod tekoucí vodou nebo vyprat v pračce.

Součástí robotu je přepravní vozík, díky němuž lze Indigo přepravovat bez námahy a skladovat v době kdy není používán. Hmotnost robotu včetně vozíku je 22 kg. [6]



Obr. 9a



Obr. 9b

Sweepy M3

Sweepy M3 (obr. 10a,b) je plně automatizovaný bazénový robot určený pro kompletní údržbu dna a stěn bazénu. Je zde možnost ručního řízení nebo spuštění automatického čistícího programu. Kdykoliv během automatického čistícího programu lze přepnout na

přepavním vozíku režim ručního ovládání a směřovat robota podle potřeby.

Z důvodu závislosti na napájecím kabelu je vhodný pro všechny druhy bazénů do maximální délky 16m.

Bazénový robot je osazen třemi motory: motor pohybu, motor otáčení a motor filtrování, z důvodu zajištění maximální účinnosti v každém směru.

Robot je vybaven řídicím systémem s 16 nastavitelnými programy pro různé tvary bazénů, včetně bazénů s šikmým dnem nebo prostorem pro potápění. Každý program může být nastaven na dobu provozu 45 minut, 1,5 hodiny nebo 3 hodiny. Výsledkem je robot, který přesně odpovídá požadavkům daného typu bazénu.

Při čištění využívá pojezdové válce z pěnového molitanu pro maximální čistící účinek a přilnavost ke stěnám bazénu. Na trhu existují dále speciální štětinové válce vyrobené z PVC, které jsou vysoce odolné pro všechny druhy povrchů bazénů. Pro zachycení nečistot je možnost použití dvou druhů filtračního vaku, *Universal* pro každodenní použití u venkovních bazénů a *Super plus* pro zachytávání nejjemnějších nečistot u vnitřních bazénů.

Všechny části bazénového robotu jsou pečlivě navrženy a vyrobeny pro dlouhodobý, každodenní provoz. Součástí robotu je přepravní vozík (**obr. 10c**) pro pohodlné přemísťování a skladování bazénového robotu. Hmotnost robotu je 11,1 kg. [7]



Obr. 10a



Obr. 10b



Obr. 10c

2.2.3.2. Čistící roboty GEHO – Schwimmbadpflege GmbH

Společnost GEHO má ve svém sortimentu široké zastoupení čistících robotů od méně výkonných čistíků vhodných pro malé rodinné bazény, až po výkonnější modely na čištění sportovních bazénů. Jedná se o Aquaboty, Ultraboty a Ultramaxy.

Firma se může pochlubit, že její bazénové vysavače jsou napájeny bezpečným stejnosměrným 24 V napětím s osvědčením TÜV a Evropského společenství.

K transformaci napájecího napětí z 230 V na napětí přístroje 24 V slouží transformátor, který je umístěn na transportním vozíku.

Roboty jsou řízeny pomocí mikroprocesoru a v automatickém provozu dochází k náhodnému řízení pohybu. Pro případ nouze řídicí systém provede automatickou změnu směru. Automatický režim umožňuje stoupání až do 38°. Po skončení pracovního cyklu dochází k automatickému vypnutí robotů. Pomocí programu se zpožděným spuštěním pracovního cyklu je umožněno robotu odsát i pomalu klesající nečistoty. Řídicí systém robotu automaticky hlásí informace týkající se údržby nebo servisu (naplněnost filtračního vaku, závada). Při skončení cyklu je hlášen průběh posledního čištění (čas, průběh cyklu: bez závad nebo zobrazení chybového hlášení), celková provozní doba, a v případě chybového hlášení také podrobné informace o chybovém hlášení.

K čištění robot standardně využívá kartáče vyrobené z PVC, ale pro bazény s keramickými dlaždicemi se používají speciální kartáče vyrobené z PVA (Polyvinylalkohol). Všechny typy robotu jsou napájeny pomocí kabelu, obsahující speciální zařízení zabráňující zamotávání kabelu.

Aquabot Bravo

Robotický vysavač *Aquabot Bravo* (obr. 11a,b) byl zkonstruován a je určen pro čištění bazénů až do plochy 80 m². Vysavač je vybaven jedním hnacím motorem, konstruovaným bez kartáčků a uhlíků a dále jedním čerpadlem. Čerpadlo i motor jsou napájeny nízkým 24 V napětím. Bazénový robot se skládá z vlastního čistícího přístroje, kabelu a transformátoru. Samostatné kabely pro hnací motor a čerpadlo, které se lehce připojují, umožňují bezproblémový servis.

Vysavač Bravo pomocí kartáčů vyrobených z PVA vydrhne nečistoty, odfiltruje znečištění (vlasy, řasy, apod.) ze dna a vlivem malé hmotnosti přístroje vyčistí dokonce keramické stěny bazénu až po hladinovou linku.

Robotický vysavač je řízen programem ve strojovém kódu, který řídí směr pohybu bazénového vysavače na hladinové lince, umožní jeho opětovné ponoření a zároveň jeho dokonalé odvzdušnění. Časový spínač zabudovaný v mikroprocesoru přístroje vypíná automaticky bazénový vysavač po uplynutí pracovního cyklu v délce trvání 6 provozních hodin. Vysavač Bravo obsahuje plovoucí kabel délky 18 m (bez individuálních plováků), který je spojen s čistícím přístrojem rychlospojkou.

Moderní konstrukce transformátoru vytváří příjemný vzhled vysavače Bravo. Transformátor je vyráběn pro síťovou přípojku 230 V (Evropa) nebo 115 V (USA).

Vypínač je odsazen automatickou pojistkou (vypínač na přetížení) a speciálním konektorem pro připojení kabelu. Celková hmotnost přístroje je 7,5 kg. [8]



Obr. 11a



Obr. 11b

Aquabot Viva

Bazénový vysavač *Aquabot Viva* (obr. 12a,b) je vybaven standardním automatickým čistícím programem a pohodlným systémem dálkového ovládání.

Automatický čistící program bazénového vysavače nabízí dva pracovní režimy:

- standardní čistící program - umožňuje čištění jen dna bazénu.
- komplexní čistící program - automatické čištění dna a stěn až po hladinovou linku bazénu.

Uživatel může volit, popřípadě přepínat tyto možnosti stisknutím tlačítka PROG na dálkovém ovládání. Robot je řízen pomocí mikroprocesoru a v automatickém provozu dochází k náhodnému řízení pohybu. Po skončení pracovního cyklu dojde k automatickému vypnutí robotu. Přestože je bazénový vysavač Viva naprogramován pro plně automatický provoz systému čištění, je uživateli pomocí dálkového ovládání umožněno cílené čištění určitých míst bazénu.

Aquabot Viva je napájen plovoucím kabelem o délce 23 m. Kabel se připojuje rychlospojkou k transformátoru. V transformátoru je vestavěn přijímač pro systém dálkového řízení. Na dálkovém řízení se nacházejí čtyři tlačítka: pro pohyb doleva, doprava, dopředu/dozadu a jedno tlačítko pro změnu programu čištění. Bazénový vysavač Viva obsahuje dva stejnosměrné motory bez kartáčků napájené bezpečným 24 V napětím a oddělené od sebe hnacím válečkem.

Pro jednodušší skladování a přepravu robotu je k dispozici přepravní vozík. Hmotnost přístroje je 10 kg. [9]



Obr. 12a



Obr. 12b

Ultrabot Magnum

Ultrabot Magnum (obr. 13) je perfektní automatický bazénový vysavač poháněný dvěma hnacími vysokorychlostními motory (bez kartáčů), určený především pro malá komerční a veřejná koupaliště (školy, univerzity, hotely, apod). Sací výkon je zajištěn jedním čerpadlem napájeným 24 V napětím.

Robot Magnum vyčistí každý čtvereční centimetr bazénu. Jedinečným čistícím programem provádí na dně bazénu nepravidelné změny směru dopředu a do stran. Tím je umožněno vyčištění a odsátí nečistot z celé plochy dna.

Pro účely rychlého čištění určitých vybraných partií bazénu může uživatel dodatečně k tomuto automatickému programu čištění používat také dálkové ovládání. Stisknutím tlačítka na ovládání lze s bazénovým vysavačem provádět změny směru až do 360°. Dosah dálkového ovládání je 30 m v závislosti na místních podmínkách. Automatický pracovní cyklus je volitelný v délce trvání 3,5 nebo 5 hodin.

Robot umožňuje efektivní a účinný pohyb v bazénech do maximální délky 20 m (omezen použitím plovoucího kabelu délky 30 m).

Součástí robotu je praktický transportní vozík sloužící k bezproblémové přepravě celé čistící jednotky (včetně napájecího zdroje a plovoucího kabelu) z místa uskladnění k bazénu. Hmotnost přístroje je 13 kg. [10]



Obr. 13

UltraMAX

Vysavač **UltraMAX (obr. 14a,b)** je největší bazénový vysavač na trhu určený pro komerční čištění bazénů. S enormně velkou šíří záběru čištění, která činí skoro 1 m se UltraMAX doporučuje zejména pro velké sportovní (olympijské) plavecké bazény, neboť vyčistí za jednu hodinu plochu dna o velikosti až 225 m². Cyklus čištění je volitelný v délce trvání 3, 5, 7 nebo 9 hodin. Kompaktně uzavřená čistící jednotka robotu nasává, zachycuje a ukládá nečistoty do vestavěného zdvojeného lapače nečistot. Tyto nečistoty přečerpá a pročistí svými filtry více jak 37,7 m³ vody za hodinu, přičemž uživatel může vestavěné filtry po vyčištění opakovaně používat. Před spuštěním se provádí volba povrchu bazénu: beton, umělá hmota, hrubý obklad, hladký obklad. Tento model robotu umožňuje nastavit volitelný stupeň vyčištění: nízký čistící efekt, standardní čistící efekt, vysoký čistící efekt (zvýšený výkon čerpadla).



Obr. 14a

Robot je vybaven dálkovým ovládáním, pomocí kterého lze vysavač dovést mimo režim nastaveného čistícího programu cíleně do těch míst bazénu, která je třeba vyčistit přednostně. Dále obsahuje detektor infračerveného záření, jehož senzor lokalizuje stěny a jiné překážky a automaticky vyvolává změny pohybu čistící jednotky v bazénu. Tato funkce je velmi výhodná především pro bazény s dlaždicovým obkladem.

Součástí robotu je také vestavěný senzor nasávání vzduchu. Tento senzor vyvolá změnu směru pohybu bazénového vysavače UltraMAX v bazénu, pokud vysavač v bazénu s pozvolným klesáním, s rampou pro tělesně postižené nebo v bazénu s vlnobitím dosáhne vodní hladiny.



Obr. 14b

UltraMAX je vybaven kabelem standardní délky 36 m, pro použití robotu v olympijských se používá kabel délky 45 m. Robot se svými 21 kg patří do těžší kategorie bazénových čistíků, ale na rozdíl od ostatních čistících přístrojů jej lze bez problémů spustit do bazénu bez nutnosti použití zdvihacího zařízení, rampy nebo jiných mechanických pomocných prostředků a po skončení pracovního cyklu zase z bazénu vytáhnout. [11]

Ultramax Junior

Svým vzhledem a konstrukcí nabízí vysavač **UltraMAX Junior (obr. 15)** vynikající sací a filtrační parametry bazénového vysavače UltraMAX pro velkoprostorové bazény ale v kompaktnější formě a je vhodný zejména pro bazény větších hotelů, motelů a veřejných koupališť. Čistícím výkonem 743 m²/h odstraňuje nečistoty a skvrny ze dna bazénu s obdivuhodnou rychlostí. Zvětšený filtrační vak zachycuje částice až do velikosti 2 mikrometrů (0,002 mm) a odvádí do bazénu nazpět křišťálově čistou vodu.



Obr. 15

Robot je vybaven detektorem infračerveného záření, jehož senzor lokalizuje stěny a jiné překážky a automaticky vyvolává změny pohybu čistící jednotky v bazénu. Samozřejmostí je také dálkové ovládání, pomocí kterého má uživatel možnost přerušit nastavený program čištění a čistící jednotku nasměrovat do těch míst bazénu, která by eventuálně vyžadovaly opakované čištění.

Součástí bazénového robotu je praktický transportní vozík sloužící k bezproblémové přepravě celé čistící jednotky včetně napájecího zdroje a plovoucího kabelu z místa uskladnění k bazénu. Vysavač UltraMAX Junior je dodáván s plovoucím kabelem délky 36 m. Hmotnost přístroje je 18,5 kg. [12]

2.2.3.3. Čistící roboty Maytronics (Dolphin)

Společnost Maytronics se zabývá vývojem celé řady čistících robotů řady Dolphin, určené pro domovní i profesionální využití.

Pro domovní bazény se vyrábí roboty s odlišnými vlastnostmi a lze je rozdělit do tří skupin. Do první skupiny patří roboty čistící pouze dno a rohy bazénu. Patří zde robot Dolphin Swash, Moby a Supreme M3. Ve druhé skupině jsou výkonnější roboty, které dokážou vyčistit kromě dna a rohů bazénu i stěny bazénu. Jedná se o robot Dolphin Diagnostic, Magic, Supreme M4. O třetí skupině domovních čistících robotů, do které patří Dolphin Dynamic plus, Dynamic Battery, Supreme M5 a Luminious se dá hovořit jako o profesionálních bazénových čistících. Jejich technické parametry jsou podobné robotům z druhé skupiny, avšak obsahují spoustu inovací a patentů pro ještě lepší čistící efekt.

Komerčním velkým sportovním bazénům je určeno šest zástupců automatických čističů. Robot Dolphin Diagnostic 3001, Dynamic Pro X, Dynamic Pro X Battery, 2x2 a Wave.

Bazénové vysavače Maytronics Dolphin jsou počítačem řízené elektronické roboty, které automaticky vysávají nečistoty z vody a bazénu a ukládají je do svého vnitřního filtračního vaku. Jejich moderní software automaticky vypočítá nejefektivnější cestu kolem bazénu, s přihlédnutím k jeho tvaru a velikosti.

Maytronics aktivně spolupracuje s nadnárodní společností Astralpool pro kterou vyrábí roboty Easykleen, Superkleen, Ultrakleen a Ultrakleen Battery.

Všechny zmíněné roboty je možno kombinovat se třemi typy kartáčů:

- PVC kartáče - fóliový, sklolaminátový a betonový bazén
- kombi kartáče – bazén se strukturovanými obkladačkami.
- wonder kartáče – bazén s velmi kluzkými obkladačkami.

Dolphin Swash a Moby

Dolphin Swash (obr. 16a) a **Moby (obr. 17)** jsou malé a cenově dostupné vysavače určené pouze pro čištění čtvercového nebo obdélníkového dna u rodinných bazénů. Automaticky vyčistí a přefiltrují nečistoty v bazénu, což se projeví na kvalitě vody a na nižší spotřebě chemikálií, zvláště chlóru. Filtr o ploše $0,5 \text{ m}^2$ s filtrační schopností $70 \text{ }\mu\text{m}$ přefiltruje $16 \text{ m}^3/\text{h}$ vody. Zařízení jsou absolutně nenáročná na obsluhu a údržbu. Po vložení do bazénu a následném zapnutí je pracovní cyklus automatický. Po ukončení 2,5 hodinového cyklu se roboty sami vypnou. Tyto modely nejsou vybaveny dálkovým ovládáním, a tudíž neumožňují v případě potřeby dočistit určitá místa v bazénu. Z důvodu malé hmotnosti obou čistících robotů není součástí balení transportní vozík, pouze stojan na uložení stroje a kabelu (**obr. 16b**). Hmotnost obou robotů je 3,03 kg. [13], [14]



Obr. 16a



Obr. 17



Obr. 16b

Dolphin Diagnostic a Diagnostic D3001

Diagnostic (obr. 18) je určen pro bazény do délky 12 m, řada D3001 (**obr. 19**) do 25 m. Vysavač automaticky setře, vyčistí a podtlakově přefiltruje nečistoty v bazénu. Šířka

záběru robotu je 380 mm. Vysoce výkonný jemný filtr o ploše 0,775 m² a filtrační schopnosti 50 µm přefiltruje 18 m³/h vody. Tímto zařízením dojde k odstranění nečistot ze dna a stěn bazénu, což se projeví na kvalitě vody a na nižší spotřebě chemikálií, zvláště chlóru. Dolphin má zabudovaný mikroprocesor se samoprogramovací schopností, což mu po krátkém „osahání“ bazénu umožní zvolit takový čistící cyklus, který bude nejvhodnější pro tvar a velikost bazénu. Vyčistí nejen rovné plochy, ale také stěny až nad úroveň hladiny. Dálkové ovládání obsahuje pouze model D3001. Zařízení je absolutně nenáročné na obsluhu a údržbu. Po vložení do bazénu a následném zapnutí nevyžaduje pozornost, neboť se po ukončení čistícího cyklu sám vypne. Hmotnost obou robotů je shodně 9,4 kg. [15], [16]



Obr. 18



Obr. 19

Dolphin Dynamic 2002 Plus A Dynamic D3002 Pro

Automatický vysavač dna a stěn bazénu ***Dolphin Dynamic 2002 Plus*** (obr. 20a,b) je určen pro bazény do délky 12 m, ***Dynamic D3002*** (obr. 21) pro bazény do 25 m. Tento robot je složen s obdobných komponent jako robot Dolphin Diagnostic (stejně výkonné čerpadlo) a má tedy podobné technické parametry. Oproti modelu Diagnostic je však vylepšen o nové technologie a inovace (mikroprocesor s aktualizovaným softwarem, trafo s kontrolkou plného filtračního sáčku, kabel „s otočným čepem“ zabráňujícím zamotání a nové způsoby čištění – waterline + ultraclean). Hmotnost přístrojů je 10,7 kg.

Roboty nabízí dva způsoby čistících režimů, automatický a čištění pomocí dálkového ovládání. [17], [18]

➤ Automatické čištění

V automatickém režimu čištění si Dolphin po krátkém zmapování bazénu sám zvolí takový čistící cyklus, který bude nejvhodnější pro tvar a velikost bazénu.

➤ Čištění pomocí dálkového ovládání

Dálkové ovládání umožňuje rychlé vyčištění problematických míst bazénu, kde se vyskytuje větší množství nečistot. Vysavač lze řídit bezdrátovým dálkovým ovládáním, pomocí kterého se jednoduše najede na kterékoliv místo v bazénu.

Pomocí dálkového ovládání je možno dále přednastavit:

- čištění dna a stěn bazénu nebo pouze jen dna,
- dobu čistícího cyklu,
- přibližný tvar a velikost bazén.



Obr. 20a



Obr. 20b



Obr. 21

Dolphin Dynamic Plus Battery a Pro X Battery

Dynamic Plus Battery (obr. 22) a *Pro X Battery* (obr. 23) jsou bezdrátové bazénové čističe s patentovanou dobíjecí baterií pro bazény s překážkami (ostrůvky) do maximální délky 12 m (Plus Battery) a 15 m (Pro X Battery), které poskytují svobodu bezšňůrového čištění, se všemi znaky vedoucího postavení na trhu. Díky absenci napájení



Obr. 22

z transformátoru na břehu bazénu (nádrže), umožňují vyčištění bez zamotávání kabelu a hadice. Po velmi

krátkém nabíjení (4 hodiny) jsou připraveny k čištění. Oba typy jsou vybaveny dálkovým ovládáním pro dočištění problémových míst. Roboty Dolphin Battery prosluly svou čistící účinností.

Skrze krátký cyklus 90 minut automaticky drhnou, nasávají, filtrují a čistí bazén od písku, listí a dalších nečistot. Vysoce výkonný jemný filtr o ploše 0,775 m² a filtrační schopnosti 50 µm přefiltruje 16 m³/h vody a tím pomáhá bazénovým chemikáliím pracovat účinněji. [19], [20]



Obr. 23

Dolphin Magic a Luminious

Magic (obr. 24a) je robot určený do čtvercových nebo obdélníkových bazénů do délky 12 m. Hravě si poradí i se speciálně tvarovanými bazény. Parametry (filtrační výkon, délka čistícího cyklu, max. délka bazénu) se velice podobá Dynamic Plus Battery (**obr. 22**), má však řadu vylepšení. Za zmínku stojí patentovaný odnímatelný horní kryt pro snadný přístup k filtru vaku a kabel s otočným čepem zabraňující zamotávání. Pomocí dálkového ovládání lze přerušit automatický pracovní cyklus a v případě potřeby navést robota do potřebných míst. K bezproblémové přepravě celé čistící jednotky včetně napájecího zdroje a plovoucího kabelu o délce 20 m z místa uskladnění k bazénu slouží praktický transportní vozík (**obr. 24b**).

Maytronics inovoval a vylepšil svůj model robotu Dolphin Magic a uvedl jej na trh pod označením **Luminious (obr. 25)**. Luminious je oproti svému předchůdci Magic vybaven zelenými světlomety (IR senzory), pomocí kterých po vložení do bazénu vyhodnotí aktuální polohu a zvolí vhodný pracovní režim. Robot spojuje praktický design s pokročilým softwarem pro maximálně křišťálově čistý a nezávadný bazén.

Hmotnost obou robotů bez kabelu je 10,7 kg. [21], [22]



Obr. 24a



Obr. 25



Obr. 24b

Dolphin Supreme M4 a Supreme M5

Vysavač **Supreme M4 (obr. 26)** je doporučen pro bazény do maximální délky 10 m. Součástí robotu je nová, moderní technologie umožňující optimální snímání a tím vyčištění bazénu za mnohem kratší dobu (systém nastavitelných plováků zajišťuje efektivní skenování různých velikostí bazénů). Extra silný kartáčovací systém „Add-on“ je velmi

účinný a bez problému odstraní veškeré nečistoty, včetně



Obr. 26

řas a bakterií. Jednoduché otevření filtrační jednotky zajišťuje snadnou a pohodlnou údržbu filtračního systému. Tři typy nastavení filtrování (jemné, velmi jemné a hrubé) pokryjí veškeré nároky a požadavky na úklid. Vysoce výkonný jemný filtr přefiltruje 17 m³/h vody. Hmotnost robotu výrobce neuvádí. [23]

Supreme M5 (obr. 27) je obdoba Dolphin Supreme M4 určená pro bazény do délky 12 m. Oproti předešlému typu obsahuje bezdrátové dálkové ovládání umožňující automatický a manuální provoz. Snadno lze nastavit parametry včetně doby cyklu, pravidelné nebo



Obr. 27

Ultra čištění, čištění dna i stěn nebo pouze dna. Zpoždovací mechanismus umožňuje spustit čistící cyklus, naplánovaný na jakoukoliv hodinu ve dne i v noci. Cyklus je volitelný v délce trvání 90, 150 nebo 210 minut. Dvojitý motor zajišťuje optimální manévrování v bazénu bez ohledu na tvar, sklon a překážky.

Hmotnost robotu výrobce taktéž neuvádí. [24]

Dolphin 2x2

Dolphin 2x2 (obr. 28) je určen pro komerční bazény maximálních rozměrů 60 x 25 m z důvodu délky kabelu 40 m. Robot se skládá z dvojitého trakčního motoru, 24 V napájeného čerpadla, elektronického řízení chodu, transformátoru 230 / 24 V, systému DIAGNOSTIC zajišťující snadnou identifikaci poruchy. Průtokem 37 m³/h zachycuje nečistoty a řasy větší než 50 μm (0,050 mm). Průtok filtračními vaky je 30 m³/h. Programově čistí dno i stěny bazénu. Čištění stěn lze vypnout nebo nastavit v intervalech 8, 16 a 32 minut. Standardní čistící cyklus trvá 6 hodin, volitelně 4 nebo 8 hodin. Infračervený systém zabezpečuje vyhnutí se překážkám. Vozík usnadňuje manipulaci s vysavačem. Součástí robotu je vozík usnadňující manipulaci s robotem a dálkové ovládání umožňující dočištění dna dle potřeby. Šířka čistící plochy robotu je 760 mm. Robot bez kabelu váží 18,8 kg. [25], [26]



Obr. 28

Dolphin Wave

Dolphin Wave (obr. 29) je určen pro veřejně bazény max. rozměrů 60x25 m. Plně automatická inteligentní navigace zajišťuje kompletní vyčištění bazénu. Rotujícími kartáči dochází k aktivnímu čištění dna a stěn bazénu. Otevíratelné horní víko slouží k vyjmutí dvou filtračních vaků. Průtok 40 m³/h při zachycení nečistot a řas větších než 50 μm (0,050 mm). Šířka záběru je 700 mm. Délka napájecího kabelu 43 m. Řídicí digitální panel umístěný na vozíku umožňuje kompletní ovládání vysavače, jeho čistícího cyklu, nastavení parametrů čištění i diagnostiku. Vozík usnadňuje manipulaci s vysavačem i automatické spouštění do bazénu. Dálkové ovládání umožňuje dočištění dna dle potřeby. Hmotnost robotu je 25 kg. [27]



Obr. 29

Dolphin EasyKleen

Easykleen (obr. 30) je první z řady kvalitních vysavačů Dolphin 2006 exklusivně vyráběných pro Astralpool. Dolphin Easykleen je schopen vyčistit pravidelný bazén (čtverec, obdélník) o maximálních rozměrech 6x12 m, elektronická jednotka s logickým obvodem zajišťuje optimální pohyb vysavače po dně bazénu a jeho kompletní vyčištění. Zachycuje nečistoty od velikosti 0,070 μm (0,070 mm). Čistí dno bazénu a spodní část stěn. Průtok filtračním vakem je 16 m³/h. Po dokončení čistícího cyklu je nutné vyčistit (případně i vyprat) filtrační vak. Čistící cyklus trvá 2,5 hodiny. Délka kabelu je 17 m. Hmotnost robotu je 8 kg. [28]



Obr. 30

Dolphin Superkleen

Superkleen (obr. 31) s kartáči z PVC je určen pro bazény libovolného tvaru maximálních rozměrů 12x6 m (ne kruh). Je vybaven autoprogramovací jednotkou pro optimální chod. Filtrační vak z polyesteru zachytí nečistoty od 50 μm (0,050 mm). Čistí programově dno a náhodně stěny bazénu. Robot je vybaven senzorem hladiny. Průtok filtračním vakem je 18 m³/h. Standardní čistící cyklus trvá 3 hodiny, rychlý 1 hodinu (čistí pouze dno). Součástí robotu je i vozík usnadňující manipulaci s vysavačem. Délka napájecího kabelu je 20 m. Hmotnost robotu je 13 kg. [29], [30]



Obr. 31

Dolphin Ultrakleen a Ultrakleen Battery

Ultrakleen (obr. 32) se vzhledem a základními vlastnostmi velice podobá robotu **Superkleen (obr. 31)**. Avšak oproti předchozímu typu je navíc vybaven systémem proti překroucení kabelu – swivel a indikátorem na transformátoru upozorňující na zanesení sáčku nečistotami. **Ultrakleen Battery (obr. 33)** je vzhledově i parametrově obdobou verze Ultrakleen. Rozdíl mezi oběma automatickými čističi spočívá ve zdroji napájení. Zatímco Ultrakleen je zcela závislý na elektrické energii přiváděné kabelem z transformátoru, Ultrakleen Battery je napájen akumulátorem, dobíjeným elektrickou dobíječkou s indikátory nabití akumulátoru. Oba roboty shodně čistí programově dno a stěny bazénu, přičemž čištění stěn lze vypnout nebo nastavit v intervalech 4, 8 a 16 minut. Hmotnost obou typů robotu je 13 kg. [31]



Obr. 32



Obr. 33

2.2.3.4. Čistící roboty iRobot Corporation

Izraelský iRobot se oproti předchozím výrobcům zaměřuje kromě čističů na pásovém podvozku také na kolové lokomoční ústrojí. Za zmínku stojí dva zástupci této společnosti: kolový HydroJet 300 a pásový Verro™ 500.

iRobot Verro™ 300 HydroJet

IRobot Verro 300 (obr. 34a,b) je bazénový kolový čistící robot určený pro čtvercové a obdélníkové bazény maximálních rozměrů 15x6 m. Čistí dno, stěny a schody bazénu. Výkonný vakuový a filtrační systém vyčistí bazén od listí, vlasů, písku, prachu, řas, bakterií a drobných úlomků až do velikostí 2 mikronů (20x menší než dokáže lidské oko rozlišit). Přestože je primárně určen pro betonové povrchy, bez problému si poradí i dalšími typickými povrchy bazénu, zvláště hladký obklad. Čistí nezávisle na centrální čisticí jednotce bazénu, která poté vyžaduje menší údržbu. Čistící cyklus trvá v rozmezí 60 – 90 minut, závislosti na rozměrech bazénu. Cirkuluje a čistí až 18,2 m³/hod., tím zvyšuje teplotu vody a distribuci chemických látek v bazénu. Hmotnost robotu je 16 kg. [32]



Obr. 34a



Obr. 34b

iRobot Verro™ 500 PowerScrub

Výkonný vakuový a nezávislý filtrační systém robotu *Verro™ 500 (obr. 35)* vyčistí bazén o rozměrech 15x6 m od nečistot jako listí, vlasy, písek, prach, řasy, bakterie a drobné úlomky až do velikostí 2 mikronů za pouhé 3 hodiny. Za jednu hodinu je cirkulační systém schopen pročistit 15,9 m³ vody, tím se příznivě zvyšuje distribuce chemických látek v bazénu a dochází nepatrnému ohřevu vody. Robot je díky měnitelným čisticím kartáčům vhodný pro všechny typy povrchu bazénu. Verro™ 500 je napájen 18 m dlouhým plovoucím kabelem s patentovaným zařízením zabraňujícím



Obr. 35

zamotávání. K přístroji je možné dokoupit přepravní vozík, který usnadní přepravu 18 kg těžkého bazénového vysavače. [33]

2.2.3.5. Čistící roboty Aqua Products Incorporated

Výrobce z USA patří mezi světové lídry ve vývoji a výrobě bazénové techniky. Je jeden z mála výrobců, co má ve svém sortimentu široké spektrum bazénových robotů určených pro čištění malých rodinných bazénů až po velké olympijské bazény. Mezi nejzajímavější roboty tohoto výrobce patří série JetMax využívající k pohybu po dnu a stěnách bazénu patentovaný pohonný systém JetDrive, tvořen pouze vysokotlakým čerpadlem.

Aquabot Classic

Classic (obr. 36) je bazénový čistič vhodný pro všechny tvary a povrchy bazénů do délky 12 m. Hravě si poradí i s některými typy schodů v bazénu. Filtrační výkon čerpadla je 15,2 m³/hod. Čistící cyklus trvá v rozmezí 3 - 4 hodin, kdy robot nasává a filtruje nečistoty do velikosti až 2 mikronů. Robot nelze směřovat do míst, která je potřeba dočistit z důvodu absence dálkového ovládání. Hmotnost přístroje je 7,7 kg. [34]



Obr. 36

Aquabot Pool Rover

Aquabot Pool Rover (obr. 37) je automatický čistič vhodný pro libovolný tvar bazénu. Čistí pouze dno do maximálního stoupání 30°. Kruhový bazén o průměru 7,5 m zvládne vyčistit do jedné hodiny. Vysoce výkonné čerpadlo přečerpá a vyčistí 303 l/min od listí, větviček, vlasů, písku, bahna a řas do velikosti až 2 mikronů, tím snižuje náklady na bazénovou chemii, vodu a energii až o 50%. Po vložení do bazénu automatický navigační systém zmapuje bazén a zvolí nejvhodnější čistící program dle tvaru a velikosti bazénu. Robot načerpává vodu a usazeniny prostřednictvím dvou velkých podtlakových vstupů, tím se zamezuje zanášení a umožňuje zachycení nečistot i z okrajů bazénu. Délka napájecího kabelu je 12,5 m. Hmotnost robotu je 5 kg. [35]



Obr. 37

Aquabot Jetmax Junior

Jetmax Junior (obr. 38) jako jediný robot s kolovým lokomočním ústrojím dokáže čistit i stěny bazénu. Za jednu hodinu přečerpá a přefiltruje $18,2 \text{ m}^3$ vody. K pohybu čistící jednotky slouží patentovaný pohonný systém JetDrive, tvořen pouze vysokotlakým čerpadlem. Čerpadlo nasávající znečištěnou vodu skrz filtr, následně vytlačuje přefiltrovanou vodu do trysek a tím vzniká tryskový pohon, čímž k pohybu robotu dopředu nebo dozadu dochází v závislosti, zda voda proudí přední či zadní tryskou umístěnou v horní části robotu. Část přefiltrované vody je pomocí dvou hadiček přivedena do spodní části robotu a tímto dochází k odstranění usazenin a nečistot ze spár bazénu. Není tedy potřeba žádných kartáčů, které po opotřebení bylo nutné vyměnit, voda pod vysokým tlakem umožní důkladnější odstranění nečistot. Délka napájecího kabelu 6 kg těžkého přístroje je 17 m. [36]



Obr. 38

DuraMAX

DuraMAX (obr. 39) je bazénový robotický čistič primárně určen pro komerční bazény do délky 23 m. Je vybaven programovatelným, rozsáhlým čerpadlem, které automaticky drhne a vysává dno a stěny bazénu až do výšky vodní hladiny. Čistící cyklus trvá v rozmezí 1 až 7 hodin, nebo nepřetržitě dle potřeby čištění. Za hodinu přefiltruje a vyčistí $22,8 \text{ m}^3$ vody. Robot je vybaven rádiovým dálkovým ovládáním pro režim ručního čištění a čidlem vzduchu pro detekci nulové hloubky vody, zabráňující vystoupení robotu z vody. Hmotnost robotu je 15 kg a tímto se řadí mezi robustnější typy čistících robotů. Tento bazénový čistič je navržen pro maximální odolnost a rychlejší úklid. [37]



Obr. 39

Výrobce na trh dodává model DuraMAX také ve verzi **Duo** (obr. 40) a **Trio** (obr. 41). V podstatě se jedná o zkompleťované dva nebo tři roboty dohromady. Toto spojení zvýší filtrační výkon čistící jednotky až na 68,4 m³/hod u modelu trio (3x 22,8 m³). Délka čistícího cyklu robotů je jako u základního modelu 1 až 7 hodin. Výkonnější roboty jsou vhodné pro bazény do délky 25 m (Duo) a olympijské sportovní bazény (Trio). Hmotnost přístroje je vyšší oproti základnímu modelu. Duo váží 21,3 kg a Trio 29,5 kg. [38], [39]



Obr. 40



Obr. 41

Ultrabot Gemini

Robot **Gemini** (obr. 42) je určen k čištění polo-olympijských a olympijských bazénů. Je plně automatický a samostatný. K napájení pohonu využívá bezpečné 24 V napětí přiváděné z transformátoru do robotu kabelem o délce 45,7 m. Čistič je řízen inteligentním systémem, který je schopen vypočítat velikost bazénu a vyčistit jej do 4 hodin. Během jedné hodiny přefiltruje a vyčistí až 47,4 m³ vody. Součástí Gemini je infračervené vidění, pomocí kterého dokáže robot v případě potřeby změnit směr pohybu. Hmotnost robotu je 16,5 kg. [40]



Obr. 42

2.2.3.6. Zajímavé typy čistících robotů

Solar Breeze

Solar Breeze (obr. 43) je čistící robot určený pro sbírání nečistot z povrchu bazénu a tím zabraňuje před propadem odpadu na dno. Robot je charakterizován unikátním slunečno-energetickým systémem realizovaným pomocí dvou solárních panelů umožňující pracovat vždy, když svítí slunce. Díky sluneční energii není potřeba žádných napájecích kabelů, u kterých docházelo k zamotávání a hlavně zdroje elektrické energie, což má příznivý účinek pro úsporu energie. Je poháněn dvěma tří-fázovými bezkomutátorovými elektrickými motory. Pro noční provoz slouží NiCd baterie dobíjené solárními panely. Mezi velkou výhodou tohoto robotu patří dávkovač pro tuhou bazénovou chemii (tablety chlóru), pomocí kterého při čištění dochází k pozvolnému výdeji, pomocí kterého dochází k rovnoměrnému rozpouštění chemie na hladině bazénu. Toto šíření chemie je daleko účinnější, než u jiných způsobů šíření. Kapacita dávkovače jsou 3 velké „jumbo“ tablety. [41]



Obr. 43

Další typy robotů

Pro názornost jaké další typy robotů pro čištění bazénů a nádrží (**obr. 44a-k**) téměř neznámých společností existují, zde uvádím pouze obrázky robotu bez dalších technických dat.



Obr. 44a - Weda W 500



Obr. 44b - RedSpool



Obr. 44c - Polaris



Obr. 44d - Nitro Wall Climber



Obr. 44e - Super Multi



Obr. 44f - ID2 Botropolis



Obr. 44g - Robokleen



Obr. 44h - Zodiac Vortex 3



Obr. 44i - Piscine



Obr. 44j - Hayward E-VAC



Obr. 44k - Hayward Phantom

2.3. Přehled čistících robotů

Pro větší přehlednost a porovnání jednotlivých čistících robotů na trhu mezi sebou, byla zpracována tabulka se základními technickými parametry.

	Parametry													
Název robotu		Výrobce robotu	Max. rozměry (délka/plocha)	Čistící schopnost (dno/stěny)	Filtrační výkon	Typ napájení (baterie/kabel)	Délka kabelu [m]	Dálkové ovl.	Délka čistícího cyklu [hod.]	Napájecí napětí	Přepravní vozík	Hmotnost přístroje [kg]	Využití robotu **	Cena [Kč]
<i>Zodiak Lazernaut</i>		Zodiac	16x8 m	●/●	20 m ³ /h	-/●	17,5	Ano	od 30 min. do 6	30	Ano	9,1	2	63 960,-
<i>Zodiak Indigo</i>			16x8 m	●/●	16 m ³ /h	-/●	18	Ano	1,5-3	28	Ano	9,1	2	35 627,-
<i>Sweeepy M3</i>			do 16 m	●/●	14m ³ /h	-/●	16	Ano	45 min. - 1,5-3	30	Ano	11,1	2	50 970,-
<i>Aquabot Bravo</i>		GEHO	do 80 m ²	●/●	16 m ³ /h	-/●	18	Ne	6	24	Ano	7,5	1	45 815,-
<i>Aquabot Viva</i>			do 200 m ²	●/●	16 m ³ /h	-/●	23	Ano	1-3	24	Ano	10	2	64 260,-
<i>Ultrabot Magnum</i>			do 300m ²	●/●	22 m ³ /h	-/●	30	Ano	3,5-5	24	Ano	13	2	151 227,-
<i>Ultramax</i>			25-50 m	●/●	38 m ³ /h	-/●	36/45	Ano	2-3-4-5	24	Ano	21	3	297 872,-
<i>Ultramax Junior</i>			15-25 m	●/●	38 m ³ /h	-/●	36	Ano	3,5-7	24	Ano	18,5	2 3	234 572,-
<i>Swash</i>		Maytronics Dolphin	do 10 m	●/-	16 m ³ /h	-/●	17	Ne	2,5	24	Ne	3,03	1	19 900,-
<i>Moby</i>			do 10 m	●/-	16 m ³ /h	-/●	17	Ne	2,5	24	Ne	3,03	1	21 673,-
<i>Diagnostic</i>			do 12 m	●/●	18 m ³ /h	-/●	20	Ne	6	24	Ano	9,4	1	39 950,-
<i>Diagnostic D3001</i>			do 25 m	●/●	18 m ³ /h	-/●	30	Ano	6	24	Ano	9,4	2	84 420,-
<i>Dynamic 2002 Plus</i>			do 12 m	●/●	18 m ³ /h	-/●	20	Ano	2-3-4	29	Ano	10,7	1	59 285,-
<i>Dynamic D3002 Plus</i>			do 25 m	●/●	18 m ³ /h	-/●	30	Ano	4-6-8	29	Ano	10,7	2	74 500,-
<i>Dynamic Plus Battery</i>			do 12 m	●/●	16 m ³ /h	●/-	3,5	Ano	1-1,5	24	Ano	11	1	76 794,-
<i>Pro X Battery</i>			do 15 m	●/●	16 m ³ /h	●/-	3,5	Ano	1,5	24	Ano	11	2	-
<i>Magic</i>			do 12 m	●/●	16 m ³ /h	-/●	20	Ano	1,5	24	Ano	10,7	1	54 900,-
<i>Luminious</i>			do 12 m	●/●	16 m ³ /h	-/●	20	Ano	1,5	24	Ano	10,7	1	60 950,-
<i>Supreme M4</i>			do 10 m	●/●	17 m ³ /h	-/●	20	Ano	2,5	24	Ne	-	1	-
<i>Supreme M5</i>			do 10 m	●/●	17 m ³ /h	-/●	20	Ano	1,5-2,5-3,5	24	Ne	-	1	-
<i>2x2</i>			60x25m	●/●	37 m ³ /h	-/●	40	Ano	4-8	24	Ano	18,8	3	147 966,-
<i>Wave</i>			60x25m	●/●	40 m ³ /h	-/●	43	Ano	-	38	Ano	25	3	-
<i>EasyKleen</i>			do 12 m	●/-	16 m ³ /h	-/●	17	Ne	2,5	24	Ne	8	1	21 698,-
<i>SuperKleen</i>			12x6 m	●/●	18 m ³ /h	-/●	20	Ne	1-3	24	Ano	13	1	42 495,-

<i>Ultrakleen</i>		12x6 m	●/●	18 m ³ /h	-/●	20	Ano	2-4	24	Ano	13	1	58 060,-
<i>Ultrakleen Battery</i>		12x6 m	●/●	18 m ³ /h	●/-	-	Ano	2-4	24	Ano	13	1	117 000,-
<i>VerroTM 300 HydroJet</i>	iRobot	15x6 m	●/●	18,2 m ³ /h	-/●	16	Ne	60-90 min.	-	Ne	16	2	*14 000,-
<i>VerroTM 500 PowerScrub</i>		15x6 m	●/●	15,9 m ³ /h	-/●	18	Ne	3	-	Ne	18	2	*17 500,-
<i>Aquabot Classic</i>	Aqua Products	Do 12m	●/●	15,2 m ³ /h	-/●	15	Ne	3-4	-	Ne	7,7	1	*45 815,-
<i>Pool Rover</i>		-	●/-	18 m ³ /h	-/●	12	Ne	1	-	Ne	5	1	*6 640,-
<i>JetMax Junior</i>		-	●/●	18,2 m ³ /h	-/●	17	Ne	1	24	Ne	6	2	*34 000
<i>DuraMAX</i>		do 23 m	●/●	22,8 m ³ /h	-/●	36	Ano	1-7	-	Ano	15	2	*47 580
<i>DuraMAX Duo</i>		do 25 m	●/●	45,6 m ³ /h	-/●	36	Ano	1-7	-	Ano	21,3	2	*81 720,-
<i>DuraMAX Trio</i>		do 40 m	●/●	68,4 m ³ /h	-/●	46	Ano	1-7	-	Ano	29,5	3	*122 270,-
<i>Ultrabot Gemini</i>		do 40 m	●/●	47,4 m ³ /h	-/●	46	Ano	4	-	Ano	16,5	3	*98 325,-

Tab. 1 – Základní parametry vybraných čistících robotů

* Ceny přepočteny z USD kurzem 17,48 Kč/\$, z GBP kurzem 29,65 Kč/£

** Využití robotu: **1** - malé domácí bazény

2 - středně-velké bazény

3 - polo-olympijské a olympijské bazény.

Z **tab. 1** je patrné, že bazénové čističe lze podle parametrů jako filtrační výkon, max. rozměry bazénu a dalších dat rozdělit do tří skupin. Každá skupina přináší tyto výhody a nevýhody:

a) Roboty pro malé domácí bazény (**1**)

Výhody: nízká cena, malá hmotnost, odkládací vozík, některé typy obsahují dálkové ovládání.

Nevýhody: malý filtrační výkon, malý dosah čištění, některé roboty čistí pouze dno bazénů.

b) Roboty pro středně velké bazény (**2**)

Výhody: velký filtrační výkon, velký rozsah čištění, čistí dno i stěny bazénů až po vodní hladinu, některé roboty jsou poháněny bateriovým zdrojem (nehrozí zamotávání kabelu), několik čističů má patentovaný systém zabraňující zamotávání napájecího kabelu, všechny roboty jsou vybaveny dálkovým ovládáním, pro usnadnění transportu z místa uskladnění k bazénu je součástí některých robotů praktický transportní vozík, který zároveň slouží jako odkládací vozík pro kabel a transformátor.

Nevýhody: vyšší cena, větší hmotnost robotu.

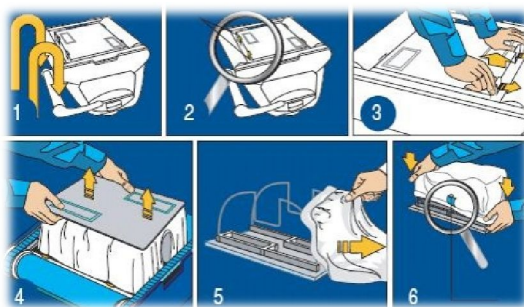
c) Roboty pro velké bazény (3)

Tato skupina se výhodami příliš neodlišuje od skupiny „2”. Nasazením robotů v rozměrných plaveckých bazénech můžeme však očekávat vyšší filtrační výkon čerpadla, z čehož vyplývají nevýhody jako větší rozměry přístroje, tím i vyšší hmotnost a v neposlední řadě mnohem vyšší cena.

2.4. Závěry vyplývající z rešerše

Po důkladném prostudování problematiky čištění bazénů pomocí bazénových vysavačů lze učinit několik závěrů. Výrobců, zabývajících se čištěním bazénů a nádrží je na trhu relativně dostatek, avšak firem, které mají ve svém sortimentu širokou škálu produktu pro malé rodinné bazény až po velké plavecké (olympijské) bazény je již poněkud méně. V současnosti si mohou nejvíce vzájemně konkurovat společnosti Zodiac (Francie), GEHO – Schwimmbadpflege GmbH (Německo), Maytronics (Izrael), iRobot Corporation (Izrael) a Aqua Products Incorporated (USA). Ostatní výrobci mající v sortimentu mnohdy jeden prototyp robotu zaměřený pouze na jednu uživatelskou skupinu (ve většině případů jen malé rodinné bazény), prodejem svých výrobků vyplňují zanedbatelný podíl na trhu.

Výrobci jsou se svým sortimentem nejvíce zaměřeni na uživatele, kteří vlastní menší rodinné bazény, kterých je do počtu nejvíce. Z ekonomického hlediska to má své opodstatnění. Při návrhu konstrukce robotu je proto výhodné se inspirovat právě touto uživatelskou skupinou, využívající malých čističů a v návrhu odstranit nedostatky, které tato skupina má a tím se odlišit od velkých výrobců. Jako jedno z možných vylepšení by mohlo být opatření robotu senzorikou (infrasezor, laserový senzor), pro snadnější orientaci a mapování vnitřku bazénu (nádrže), nebo odstranění nedostatku způsobujícího zamotávání napájecího kabelu. Dále jako velmi nepraktické i často kritizované na různých internetových diskusních fórech je výměna filtračního sáčku u některých typů přístrojů, kdy robot musí být při výměně otočen o 180° a dochází k nasazení filtračního pytle, jeho následné zajištění a zasunutí do robotu (**obr. 45**). Výměnu sáčku jsem měl možnost vyzkoušet si v rehabilitačním středisku a negativní zkušenosti diskutujících musím potvrdit.



Obr. 45

3. Požadavkový list

Na počátku konstrukce byl sestaven požadavkový list, ve kterém jsou shrnuty důležité požadavky. Jedná se především o tyto:

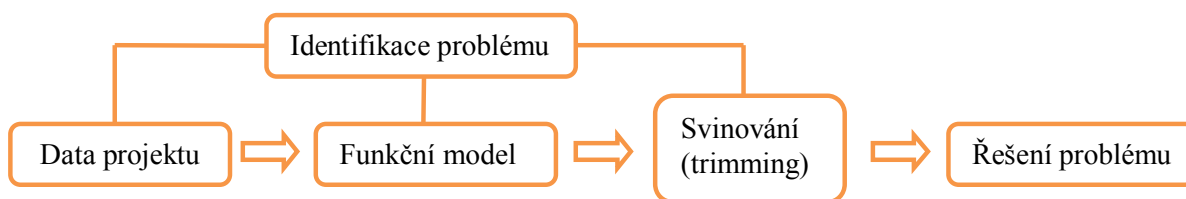
- oblast použití robotu: čištění bazénů a nádrží malé až střední velikosti, čtvercového nebo obdélníkového tvaru,
- čištění dna a stěn,
- jednoduché provedení,
- použití elektrických pohonů napájených napětím do velikosti 30 V,
- dostatečné zaručení těsnosti v oblasti pohonů,
- jednoduché nasazování a zajištění filtračního pytle,
- odolnost vůči korozi a bazénové chemii,
- malé vnější rozměry,
- malá hmotnost (do 15 kg bez napájecího kabelu).

4. Výběr optimální varianty v programu TechOptimizer 3.0

Po důkladné analýze současného stavu je velmi výhodné hledat inspiraci u čističů určených pro malé domácí bazény. Z této skupiny byli vybráni tři zástupci čistících robotů, odlišující se od sebe zdrojem napájení a dále lokomočním ústrojím. Tyto varianty budou podrobeny analýze pomocí programu *TechOptimizer 3.0*.

Výkonný počítačový nástroj TechOptimizer napomáhá konstruktérům usilujících o správnou formulaci zadání eliminovat chyby při inovačním procesu a hledat nová řešení. Software se využívá ve stádiu návrhu, konstrukce a úprav všech typů výrobku.

Analýzu pomocí TechOptimizeru lze schematicky vyjádřit ve čtyřech hlavních etapách (obr. 46).



Obr. 46

V první etapě se provádí specifikace řešeného problému a zadání omezujících parametrů s upřesněním jejich důležitosti.

Během druhé etapy je sestavován funkční model, skládající se z jednotlivých prvků

vyjadřující komponenty daného výrobku. Mezi prvky se definují pozitivní a negativní vazby (interakce), u kterých lze zadat další parametry zpřesňující vztah mezi danou vazbou a vstupními parametry.

Třetí etapou je analyzování struktury objektu pomocí funkce svinování (trimming). Tato analýza rozkryje slabé místo systému a z nabízených možností umožní problémové prvky nahradit novými, přenést na jiné bezproblémové či méně problémové prvky, nebo úplně odstranit.

TechOptimizer v sobě ukrývá nástroj manažer problémů, který zpřístupní vhodné nástroje pro odstranění vygenerovaného seznamu problému.

K analýze v programu TechOptimizer byly podrobeny tři konstrukční varianty:

- **robot napájený kabelem, s pásovým lokomočním ústrojím**
- **robot napájený vlastní baterií, s pásovým lokomočním ústrojím**
- **robot napájený kabelem, s kolovým lokomočním ústrojím**

Na základě výsledků z funkční, problémové a cenové analýzy bude vybrána výsledná varianta, která bude oproti analyzovanému typu zdokonalena, především odstraněním nedostatků, které čistící roboty pro rodinné bazény obsahují a vylepšena o některé zdokonalení, která obsahují roboty pro středně velké a polo-olympijské a olympijské bazény.

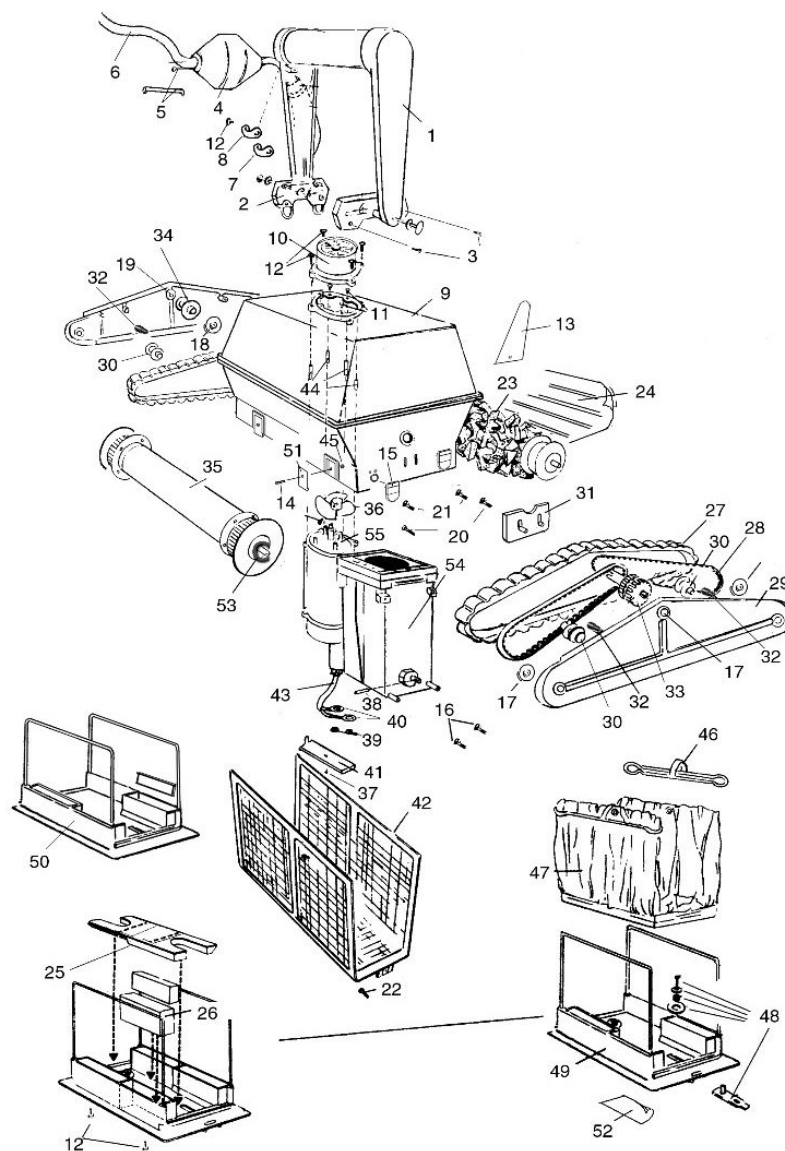
4.1. Varianta A - robot napájený kabelem, s pásovým lokomočním ústrojím

U této varianty robotu je pohyb po bazénu realizován pásovým lokomočním ústrojím, poháněným pohonnou jednotkou napájenou 24 V napětím (z transformátoru umístěného na břehu bazénu). K filtraci vody a nasávání nečistot slouží čerpadlo, taktéž napájeno 24 V napětím z transformátoru. Velmi důležitým komponentem robotu je rukojeť, která kromě přenášení robotu z místa uskladnění na místo čištění umožňuje čištění stěn bazénu. Rukojeť je dutá a chová se jako plovák v poloze kolmé k vodní hladině, který má tendenci vyplout na hladinu. Při pohybu robotu po dně a kontaktu se stěnou bazénu má přístroj snahu tuto stěnu zdolat a dochází k nepatrnému šplhání po stěně. Plovák (rukojeť) reaguje na změnu polohy robotu tím, že vyrovná svou polohu opět kolmo k vodní hladině. Tímto dojde k sepnutí čidla a k zvýšení otáček čerpadla, které vyvíjí větší podtlak a tím dochází k přisátí robotu ke stěně bazénu. Přisátý robot šplhá po stěně směrem vzhůru do doby, než plovák detekuje hladinu a snaží se vrátit do výchozí polohy. Dochází k sepnutí čidla a robot šplhá zpětným chodem ke dnu bazénu. Po najetí na dno bazénu se rukojeť vrací do polohy kolmé k vodní hladině, dojde ke snížení otáček čerpadla a čistící cyklus

pokračuje po dně bazénu.

Velkou nevýhodou robotu je dlouhý napájecí kabel, u kterého dochází během čistícího cyklu k zamotávání. Dle uživatelských zkušeností vlastníků robotu dochází po 2-3 letech k opotřebení kabelu a následném zkrucování, což ještě více napomáhá k zamotávání.

4.1.1. Schéma varianty A



Obr. 47

Legenda:

1 - rukojeť	6 - kabel	11 - šrouby
2 - držák pro rukojeť	7 - plastová svorka (1/4")	12 - šrouby
3 - šrouby	8 - plastová svorka (5/16")	13 - stabilizační podpěra
4 - míčový plovák na kabel	9 - vnější obal (skříň)	14 - šrouby
5 - ucpávka	10 - vrchní otvor	15 - odvodňovací ventil

16 - šrouby	29 - bočnice	44 - zdroj napájení
17 - Pouzdro k uzavření bočnic	30 - malý váleček	45 - pojistná matice
18 - pouzdro konce řemenice	31 - kabelová zarážka	46 - sponka filtračního pytle
19 - pouzdro k uzavření trupu	32 - osazené pouzdro válečku	47 - filtrační pytel
20 - šrouby	33 - sestava řemenice	48 - pojistná podložka
21 - šrouby	34 - velký váleček	48 - spodní víko
22 - šrouby	35 - rozpěrná trubka kol	51 - uzavírací poutko
23 - pěnové kartáče	36 - vrtule	52 - klapka vtokového ventilu
24 - pryžové kartáče	37 - šrouby	53 - přídržný kroužek
25 - plovák	38 - spirálová sponka	54 - hnací motor
26 - postranní plováky	39 - mosazný kolík	55 - motor čerpadla
27 - pásy	40 - smyčkový konektor	
28 - hnací řemeny	41 - kryt svorkovnice	
	42 - filtrační síto	

Pozn.: pozice, které nejsou uvedeny v legendě, uvádí výrobce bez popisku.

4.1.2. Vstupní parametry analýzy

Při definování důležitosti (hodnota významnosti) u vstupních parametrů, je stupnice od 1 do 10 (1- nejméně důležitý parametr, 10 – velmi důležitý parametr).

Pořadí	Parametr	Stav	Jednotka	Současný stav	Požadovaný stav	Důležitost
1	Cena	Snížit	Kč	45815	38000	7
2	Filtrační výkon	Zvýšit	m ³ /hod	16	20	9
3	Zjednodušení	Zvýšit				6
4	Vylepšení	Zvýšit				4

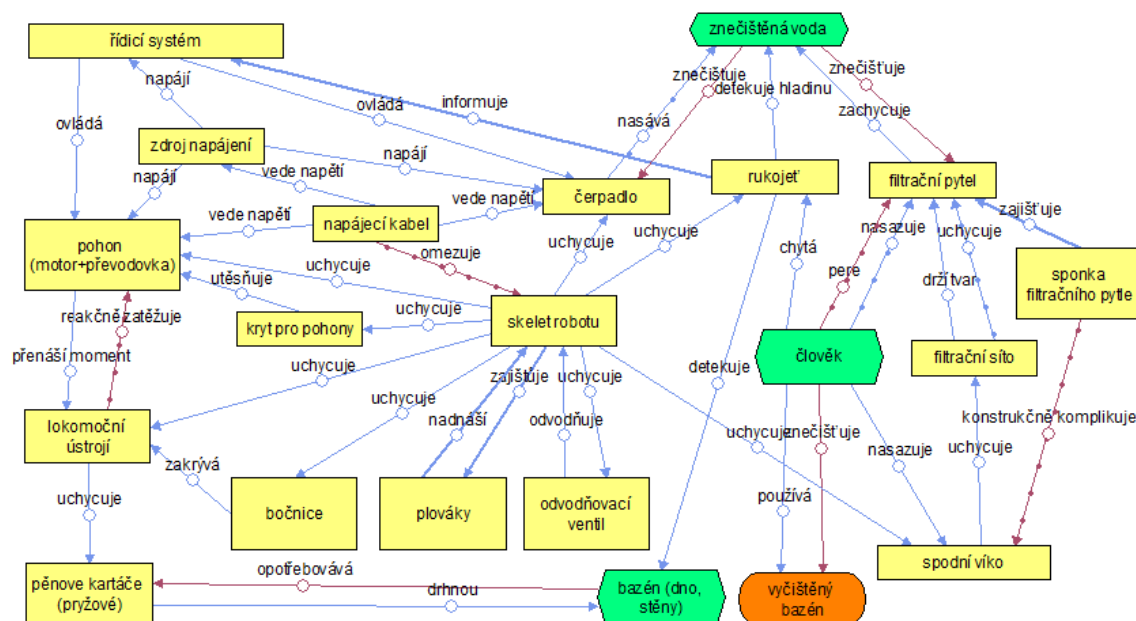
Tab. 2 - Cíle

Pořadí	Parametr	Stav	Jednotka	Hodnota
1	Hmotnost	Nezvyšovat	kg	15
2	Cena materiálu	Nezvyšovat	Kč	
3	Rozměry bazénu	Nezvyšovat	m	12

Tab. 3 – Omezení

4.1.3. Funkční model

Při tvorbě funkčního diagramu (**obr. 47**) byly použity pouze primární komponenty čistícího robotu.



Obr. 48

Symbole diagramu:

Prvky

	komponent – prvky objektu, který uživatel analyzuje
	nadsystém – prvky systému, které uživatel nemůže změnit, modifikovat, nebo omezit
	produkt – konečný výsledek působení technického systému

Akce

	užitečná vazba		užitečná vazba s parametry
	užitečné nedostat. vazba		škodlivá vazba
	užitečná nadměrná vazba		škodlivá vazba s parametry

4.1.4. Svinování robotu varianta - A

Dalším krokem po sestavení funkčního modelu a nadefinování užitečných a škodlivých působení je svinování (trimming). *Technika svinování je založena na myšlence, že produkt můžeme zjednodušit přerozdělením působení a eliminováním komponent technického systému, a to při zachování užitečných funkcí. Výhoda přerozdělení funkcí spočívá v tom, že nám umožňuje vytvořit jednodušší systémy.* [Skařupa Jiří, 2008]

Prvek systému	Hodnota Funkčnosti	Hodnota Problémovosti	Hodnota Nákladů [Kč]
Bočnice	1,36	0	920,-
Čerpadlo	2,27	0	2 800,-
Filtrační pytel	2,27	0	820,-
Filtrační síto	3,64	2,8	495,-
Kryt pro pohony	0,91	0	880,-
Lokomoční ústrojí	1,82	2,8	6 200,-
Napájecí kabel	4,09	5,59	4 291,-
Odvodňovací ventil	1,36	0	77,-
Pěnové (pryžové) kartáče	2,27	0	1 101,-
Plováky	1,36	1,4	192,-
Pohon (motor + převodovka)	1,36	0	4 930,-
Rukojeť	5,91	5,59	1 816,-
Řídicí systém	2,73	0	4 000,-
Skelet robotu	10	2,8	2 290,-
Spodní víko	1,36	0	1 520,-
Sponka filtračního pytle	1,82	10	140,-
Zdroj napájení	4,09	0	3 690,-
Celkový součet (suma)	48,62	30,98	36 162,-

Tab. 4 - Hodnocení jednotlivých komponentů z hlediska funkčnosti, problémovosti a nákladů

Ve výše uvedené tabulce (**Tab. 4**) jsou uvedeny tři ze čtyř základních kritérií hodnocení, podle kterých se určuje tzv. svinovací součinitel, kterým TechOptimizer vyhodnocuje optimální řešení systému.

Výpočet trimovacího součinitele (čtvrtého základního kritéria hodnocení):

$$T_f = \frac{F_o^2}{P_o + C_o} \quad (4.1)$$

kde F_o – hodnota funkčnosti objektu

P_o – hodnota problémovosti

C_o – hodnota nákladů

Komponent	Trimovací faktor $F_o^2/(P_o+C_o)$	Hodnota funkčnosti $F_o, \%$	Hodnota problémovosti $P_o+C_o, \%$
Bočnice	1,25	2,80	1,66
Čerpadlo	1,14	4,67	5,06
Filtrační pytel	3,90	4,67	1,48
Filtrační síto	3,68	7,49	4,03
Kryt pro pohony	0,58	1,87	1,59
Lokomoční ústrojí	0,26	3,74	14,33
Napájecí kabel	1,34	8,41	14,01
Odvodňovací ventil	14,89	2,80	0,14
Pěnové kartáče (pryžové)	2,90	4,67	1,99
Plováky	1,08	2,80	1,91
Pohon (motor+převodovka)	0,23	2,80	8,90
Rukojeť	4,10	12,16	9,54
Řídicí systém	1,16	5,61	7,22
Skelet robotu	15,40	20,57	7,27
Spodní víko	0,75	2,80	2,75
Sponka filtračního pytle	0,32	3,74	11,45
Zdroj napájení	2,81	8,41	6,66
Suma	55,79		

Tab. 5 – Souhrnné hodnocení jednotlivých komponentů, výpočet trimovacího faktoru

4.1.5. Výsledek a zhodnocení analýzy

Nástrojem trimming byly analyzovány komponenty filtrační pytel, napájecí kabel, spodní víko a sponka filtračního pytle. Ukázalo se, že zajištění filtračního pytle pomocí sponky by bylo vhodné přenést na spodní víko, díky čemuž by došlo ke zjednodušení konstrukce samotného víka a k mírnému zlevnění robotu. U napájecího kabelu došlo k úplnému odstranění kabelu a funkce byla přenesena na samotný zdroj napájení, což by směřovalo k variantě B „robot napájený vlastním akumulátorem“.

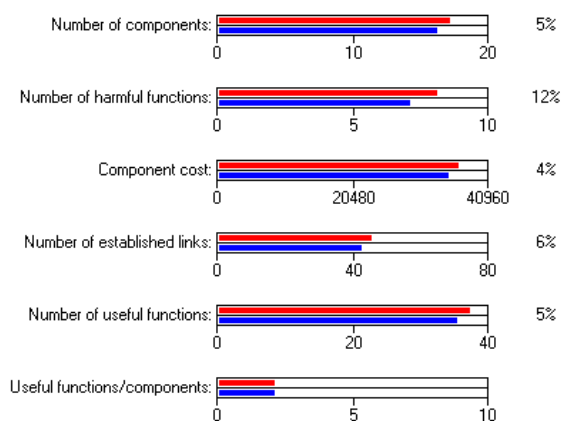
U analýzy filtračního pytle se docílilo k eliminování šesti škodlivých funkcí a přenesení jedné funkce. Došlo také ke zjednodušení komponenty „sponka filtračního pytle“. Avšak pytel je důležitý pro filtraci velmi jemných částic a jeho přenesení na jinou komponentu nebo úprava jiné není možná. Jako nejlepší cesta se jeví úprava spodního víka.

Svinovaný komponent: spodní víko

Zjednodušené komponenty - žádné

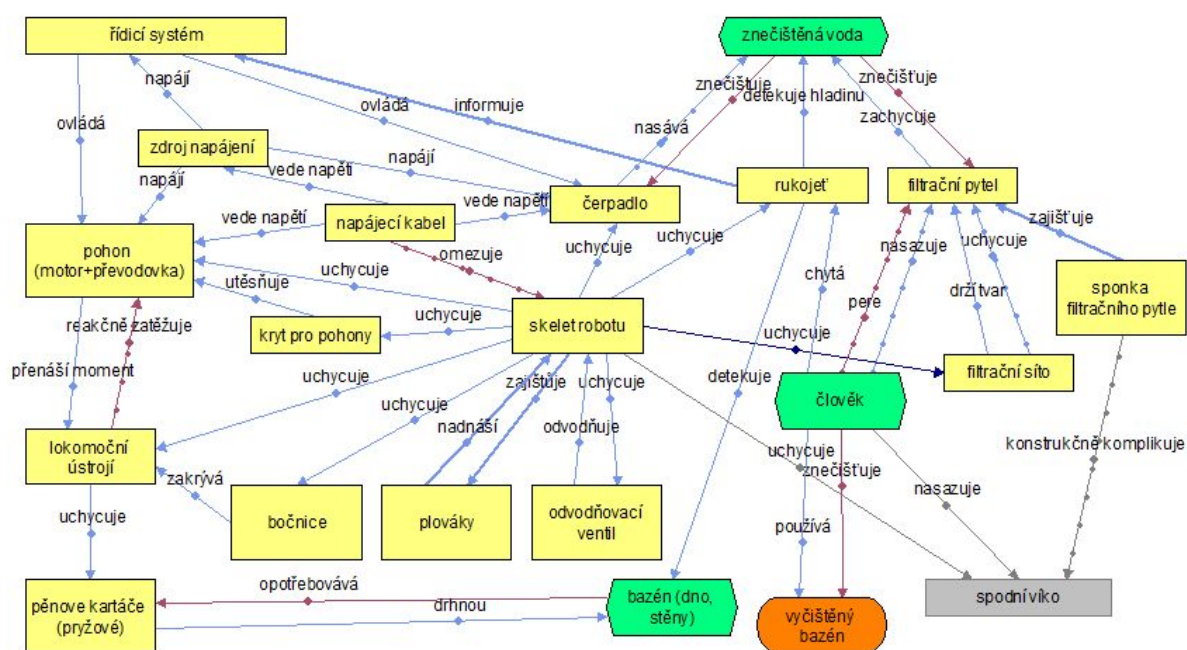
Přenesené funkce - 1

Eliminované škodlivé funkce - 3



Obr. 49

Výsledný model



Obr. 50

Prvky

Component trimovaný komponent

Akce**Seznam odhalených problému varianty A**

TechOptimizer vygeneroval v závěrečné zprávě seznam problému (**tab. 6**), které je nezbytné vyřešit pro zdokonalení bazénového čističe. Tento seznam je pro konstruktéra velmi důležitý, neboť ho navádí k řešení problémů, které jsou uspořádány podle naléhavosti.

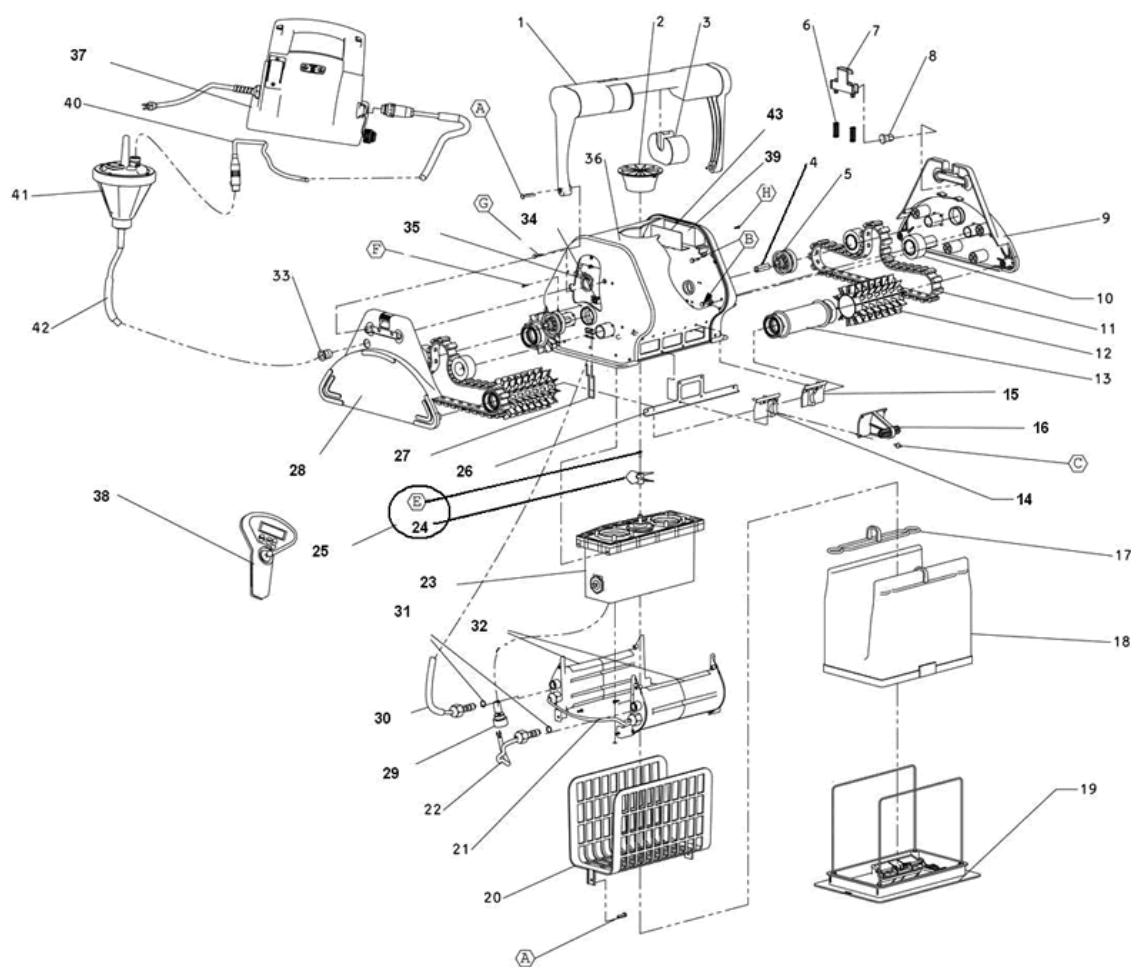
Název	Skupina
Zdokonalit zajištění filtračního pytle (nyní pomocí sponky)	Zvýšit účinnost
Snížit (odstranit) opotřebení čistících kartáčů	Zvýšit kvalitu
Optimalizovat opotřebení filtračního pytle obsluhou (praní)	Zvýšit kvalitu
Odstranění problému zanášení čerpadla	Zvýšit kvalitu
Snížení spotřeby energie u lokomočního ústrojí	Zvýšit kvalitu
Vylepšit funkci nadnášení pomocí plováků	Zvýšit účinnost
Vylepšit ukotvení plováků ve skeletu robotu	Zvýšit účinnost
Vyřešení problému „zamotávání kabelu“	Zvýšit kvalitu
Vyřešení problému „zkrucování kabelu“	Zvýšit kvalitu
Zjednodušení konstrukce spodního víka	Zvýšit kvalitu
Vylepšení nasazování spodního víka	Zjednodušit
Vylepšit detekování stěn a hladiny bazénu	Zvýšit účinnost

Tab. 6 – Výstupní tabulka problému programu TechOptimizer

4.2. Varianta B - robot napájený vlastní baterií, s pásovým lokomočním ústrojím

Varianta B se velmi podobá předchozí variantě. K zásadní změně však došlo ve zdroji napájení pohonu, kdy robot využívá napětí z vlastního akumulátoru a čerpadla, které je součástí pohonné jednotky robotu. Toto řešení odstraňuje dvě velké nevýhody zmiňované v předchozí variantě, zamotávání a zkrucování kabelu, avšak přináší jednu obrovskou nevýhodu a tou je skoro dvojnásobné zdražení oproti variantě s kabelem. Nasazování filtračního sáčku je obdobné a zaslouží si taktéž zjednodušení.

4.2.1. Schéma varianty B



Obr. 51

Legenda:

- | | | |
|--|---|--|
| 1 - rukojeť | 14 - zpětná klapka | 28 - levá bočnice |
| 2 - oběžné kolo | 16 - držák kartáče | 29 - kabelová spojka |
| 3 - ovládací plovák | 17 - sponka filtračního pytle | 31 - okruh 2-013 |
| 4 - šestiúhelníkový adaptér
pro hřídele | 18 - filtrační pytel | 32 - baterie |
| 5 - řemenice pro ploché
hřídele | 19 - spodní víko | 33 - kabelová přípojka |
| 6 - ovládací spínátko | 20 - filtrační síto | 34 - kabelová zarážka |
| 7 - ovládací závora | 21 - kabel mezi levou a
pravou baterii | 35 - plovoucí kabelová upínka |
| 9 - pravá bočnice | 22 - kabel mezi motorem a
baterii | 36 - skelet robotu |
| 10 - vodící kolo | 23 - motorová jednotka | 37 - napájecí zdroj |
| 11 - pás | 24 - oběhové kolo, spirála | 38 - dálkové ovládání |
| 12 - čistící kartáče | 26 - S/S posilovač | 39 - vnitřní horní plovák |
| 13 - tlumiče kola | 27 - příchytka drátu | 40 - kabel mezi nabíječkou a
plovákem |
| | | 41 - plovák |

Pozn.: pozice 8,15,25,30,42 a 43 uvádí výrobce bez popisku.

4.2.2. Vstupní parametry analýzy

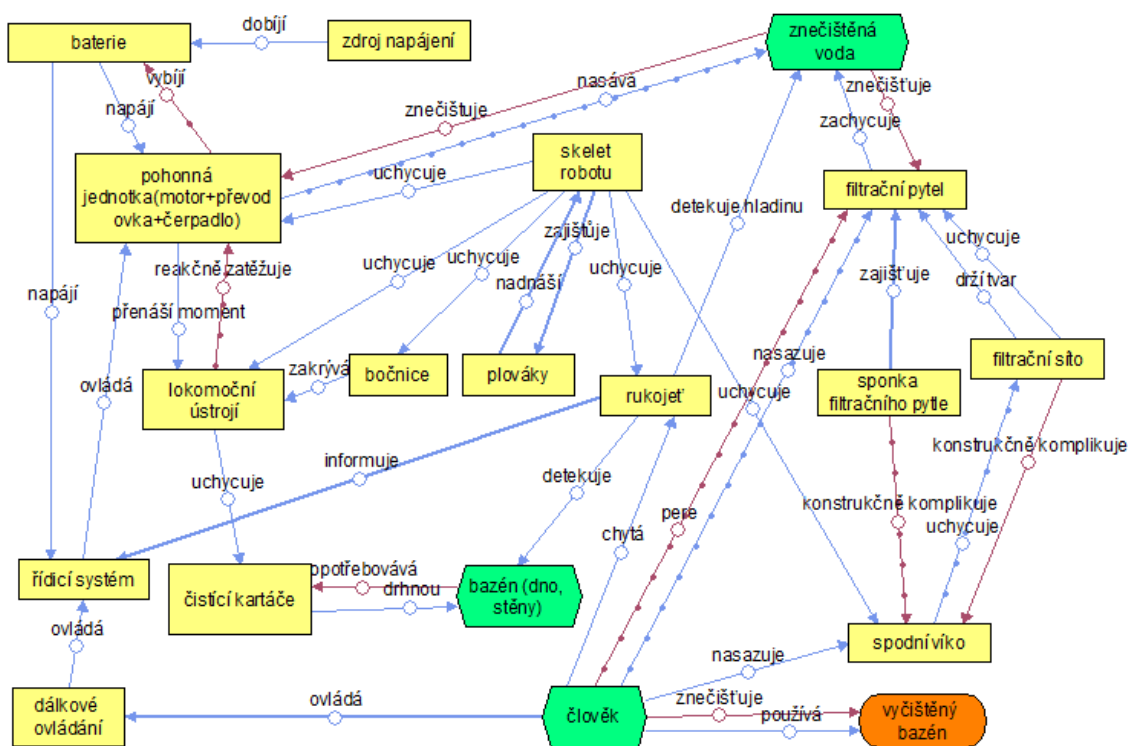
Pořadí	Parametr	Stav	Jednotka	Současný stav	Požadovaný stav	Důležitost
1	Cena	Snížit	Kč	76 794	50 000	9
2	Filtrační výkon	Zvýšit	m³/hod	16	20	7
3	Zjednodušení	Zvýšit				4
4	Vylepšení	Zvýšit				5

Tab. 6 - Cíle

Pořadí	Parametr	Stav	Jednotka	Hodnota
1	Hmotnost	Nezvyšovat	kg	6
2	Cena materiálu	Nezvyšovat	Kč	
3	Rozměry bazénu	Nezvyšovat	m	12

Tab. 7 – Omezení

4.2.3. Funkční model



Obr. 52

4.2.4. Svinování robotu varianta - B

Prvek systému	Hodnota funkčnosti	Hodnota problémovosti	Hodnota Nákladů [Kč]
Baterie	4,55	0	15 345,-
Bočnice	1,82	0	850,-
Čistící kartáče	3,64	0	595,-
Dálkové ovládání	1,82	0	4 622,-
Filtrační pytel	3,64	0	2 800,-
Filtrační síto	5,45	10	495,-
Lokomoční ústrojí	2,73	2	5 652,-
Plováky	1,82	1	5 480,-
Pohonná jednotka	5,45	1	24 191,-
Rukojeť	9,09	4	1 554,-
Řídicí systém	2,73	0	4 000,-
Skelet robotu	10	2	2 705,-
Spodní víko	1,82	2	1 300,-
Sponka filtračního pytle	2,73	7,14	145,-
Zdroj napájení	1,82	0	6 526,-
Celkový součet (suma)	59,11	29,14	72 660,-

Tab. 8 - Hodnocení jednotlivých komponentů z hlediska funkčnosti, problémovosti a nákladů

Výpočet trimovacího součinitele (čtvrtého základního kritéria hodnocení):

Komponent	Trimovací faktor $F_o^2/(P_o+C_o)$	Hodnota funkčnosti $F_o, \%$	Hodnota problémovosti $P_o+C_o, \%$
Baterie	3,26	7,70	10,46
Bočnice	9,43	3,08	0,58
Čistící kartáče	53,87	6,16	0,41
Dálkové ovládání	1,73	3,08	3,15
Filtrační pytel	11,45	6,16	1,91
Filtrační síto	2,91	9,22	16,82
Lokomoční ústrojí	1,72	4,62	7,15

Plováky	1,01	3,08	5,38
Pohonná jednotka	2,70	9,22	18,13
Řídicí systém	4,51	4,62	2,73
Rukojeť	17,80	15,38	7,65
Skelet robotu	32,07	16,92	5,14
Spodní víko	1,31	3,08	4,18
Sponka filtračního pytle	1,04	4,62	11,87
Zdroj napájení	1,23	3,08	4,45
Suma	146,04		

Tab. 9 – Souhrnné hodnocení jednotlivých komponentů, výpočet trimovacího faktoru

4.2.5. Výsledek a zhodnocení analýzy

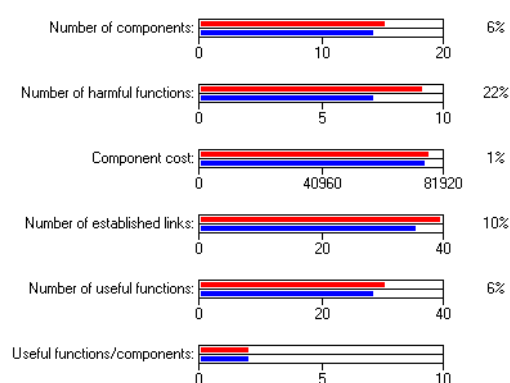
U tohoto typu robotu, který se konstrukčně velmi podobá předchozí variantě, byly odhaleny podobné nedostatky jako u předchozího typu. Použitím baterie jako zdroje napájení se eliminovaly dva problémy, zkrucování a zamotávání napájecího kabelu. Jako nejvíce problémová součást bylo opět vyhodnoceno spodní víko robotu, kde jako problematické se jeví samotné nasazení filtračního pytle do této součásti, tak jeho nasazení do skeletu robotu. Odstraněním tohoto komponentu by došlo k eliminaci čtyř škodlivých funkcí. Funkci spodního víka (uchycení filtračního sáčku) je možno nahradit samotným skeletem robotu.

Svinovaný komponent: spodní víko

Zjednodušené komponenty - žádné

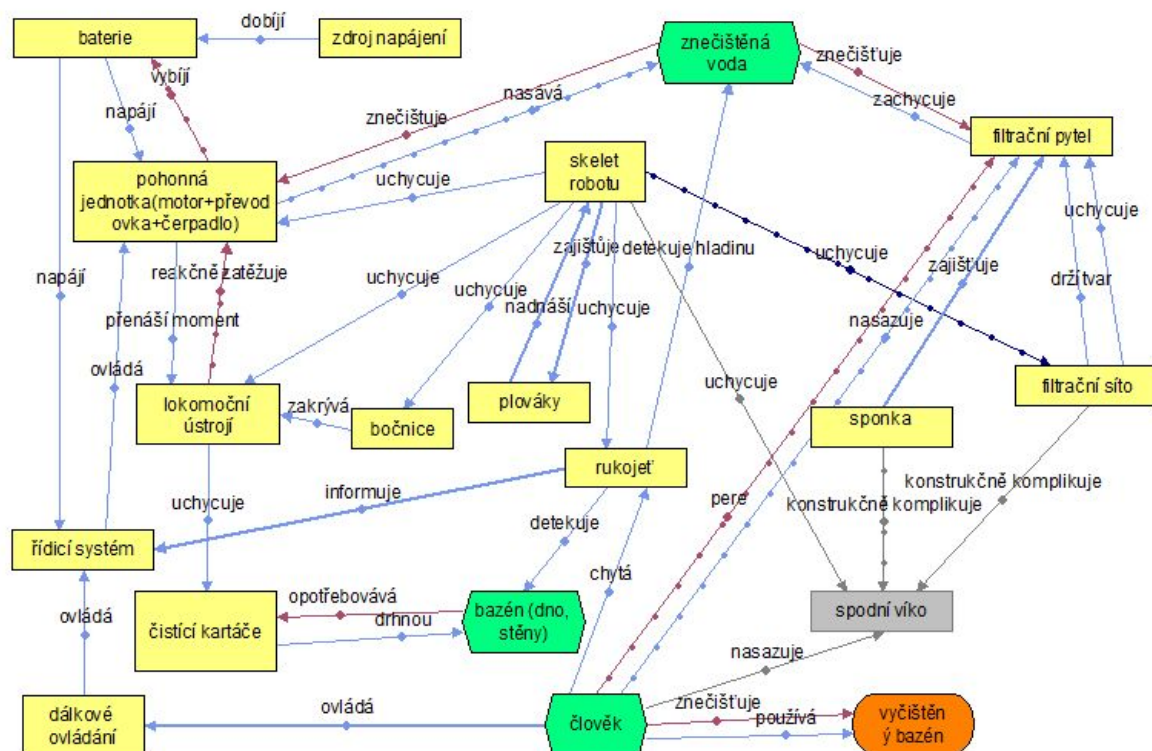
Přenesené funkce - 1

Eliminované škodlivé funkce - 4



Obr. 53

Výsledný model



Obr. 54

Seznam odhalených problému varianty B

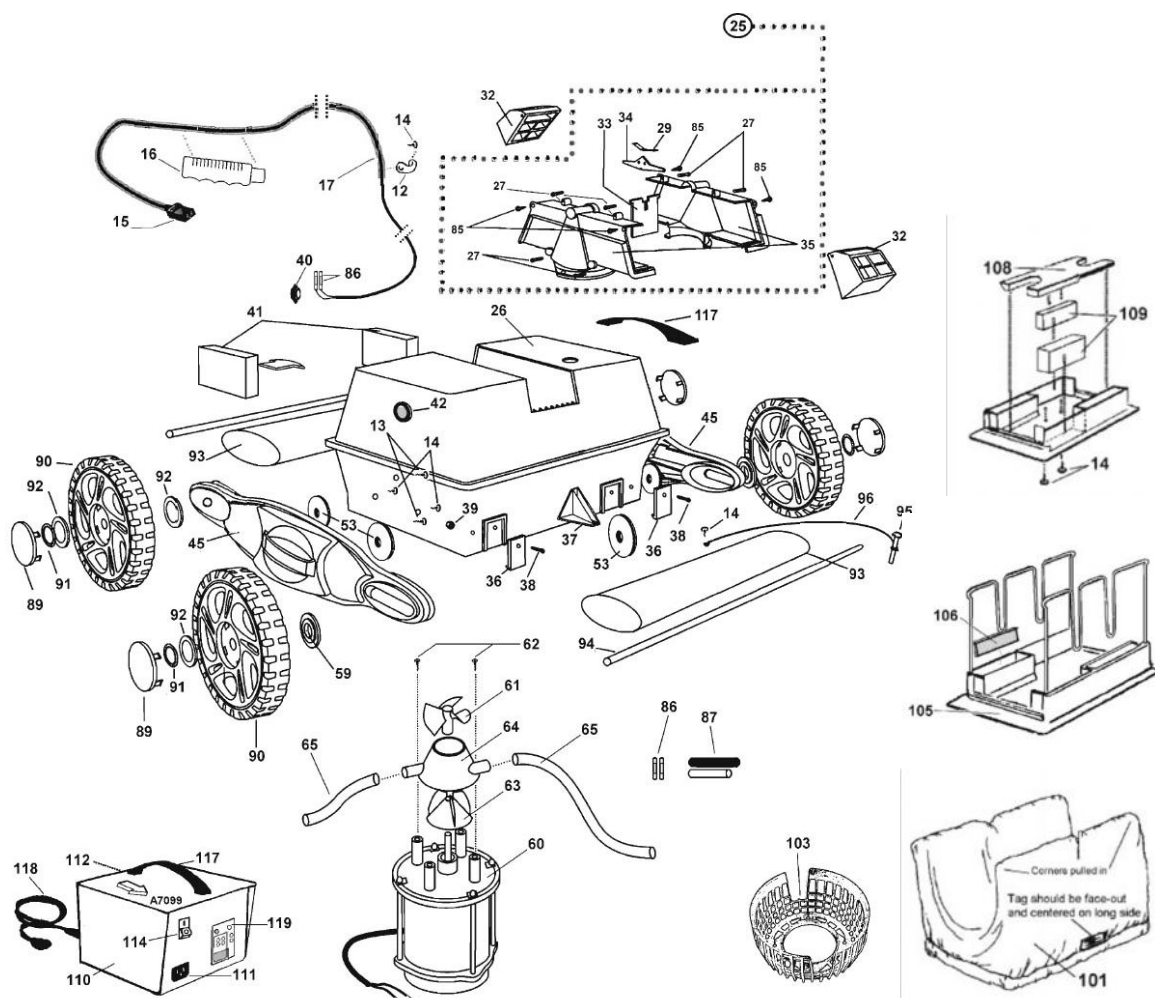
Název	Skupina
Zdokonalit zajištění filtračního pytle (nyní pomocí sponky)	Zvýšit účinnost
Snížit (odstranit) opotřebení čistících kartáčů	Zvýšit kvalitu
Optimalizovat opotřebení filtračního pytle obsluhou (praní)	Zvýšit kvalitu
Odstranění problému zanášení čerpadla	Zvýšit kvalitu
Snížení spotřeby energie u lokomočního ústrojí	Zvýšit kvalitu
Vylepšit funkci nadnášení pomocí plováků	Zvýšit účinnost
Vylepšit ukotvení plováků ve skeletu robotu	Zvýšit účinnost
Vylepšení ovládání pomocí dálkového ovládání	Zvýšit účinnost
Zvýšit kapacitu baterie	Zvýšit kvalitu
Zjednodušení konstrukce spodního víka	Zvýšit kvalitu
Vylepšení nasazování spodního víka	Zjednodušit
Odstranit konstrukční komplikaci filtračního síta	Zvýšit kvalitu
Vylepšit detekování stěn a hladiny bazénu	Zvýšit účinnost

Tab. 10 – Výstupní tabulka problému programu TechOptimizer

4.3. Varianta C - robot napájený kabelem, s kolovým lokomočním ústrojím

Varianta C se od ostatních variant na první pohled odlišuje svým tvarem a hlavně kolovým lokomočním ústrojím. Zajímavé u toho robotu je, že ke svému pohybu po stěnách a dnu bazénu využívá pouze tlakovou sílu vysokotlakého čerpadla (pohonný systém, JetDrive). Odpadají zde tedy pohony kol, což celou konstrukci velmi zjednodušuje. Čerpadlo nasávající znečištěnou vodu skrz filtr, následně vytlačuje přefiltrovanou vodu do trysek a tím vzniká tryskový pohon, čímž k pohybu robotu dopředu nebo dozadu dochází v závislosti, zda voda proudí přední či zadní tryskou (sestava ventilu, **obr. 55**, pozice **25**) umístěnou v horní části robotu. Část přefiltrované vody pod tlakem je pomocí dvou hadiček přivedena do spodní části robotu a tímto dochází k odstranění usazenin a nečistot ze spár bazénu. Není tedy potřeba žádných kartáčů, které po opotřebení bylo nutné vyměnit, voda pod vysokým tlakem umožní důkladnější odstranění nečistot.

4.3.1. Schéma varianty C



Obr. 55

Legenda:

12 - P-svorka	42 - pouzdro	94 - osa kola
14 - šrouby	45 - boční deska	95 - čep vidlice
15 - zásuvka	53 - mále kolečko	96 - lanko
16 - otočný čep	59 - podložka	101 - filtrační pytel
17 - kabelový svazek	60 - motor čerpadla	103 - filtrační síto
25 - sestava ventilu	61 - vrtule	105 - spodní víko
26 - vnější obal (skříň)	62 - šrouby	106 - vtoková klapka potrubí
27 - šrouby	63 - oběžné kolo čerpadla	108 - plovák
29 - ventilová pružina	64 - skříň oběžného kola	109 - postranní plováky
32 - nástavec	65 - potrubí	110 - zdroj napájení
33 - potrubní klapka	85 - šrouby	111 - napěťový konektor
34 - ventilový zámek	86 - smrštitelné konektory	112 - pojistkové pouzdro
35 - skříň ventilu	87 - smrštitelná hadička 1/2	114 - přístrojový
36 - krytka zámku	88 - smrštitelná hadička 3/4	spínač/vypínač
37 - podpěra středního kola	89 - krytka kola	117 - rukojeť
38 - šrouby	90 - sestava kola	118 - kabel zdroje napájení
39 - pojistná matice	91 - podložka	119 - časovač 90 sekund
40 - těsnicí kroužek	92 - těsnění	
41 - pěnové kvádry	93 - rozpěrná trubka	

Pozn.: pozice, které nejsou uvedeny v legendě, uvádí výrobce bez popisku.

4.3.2. Vstupní parametry analýzy

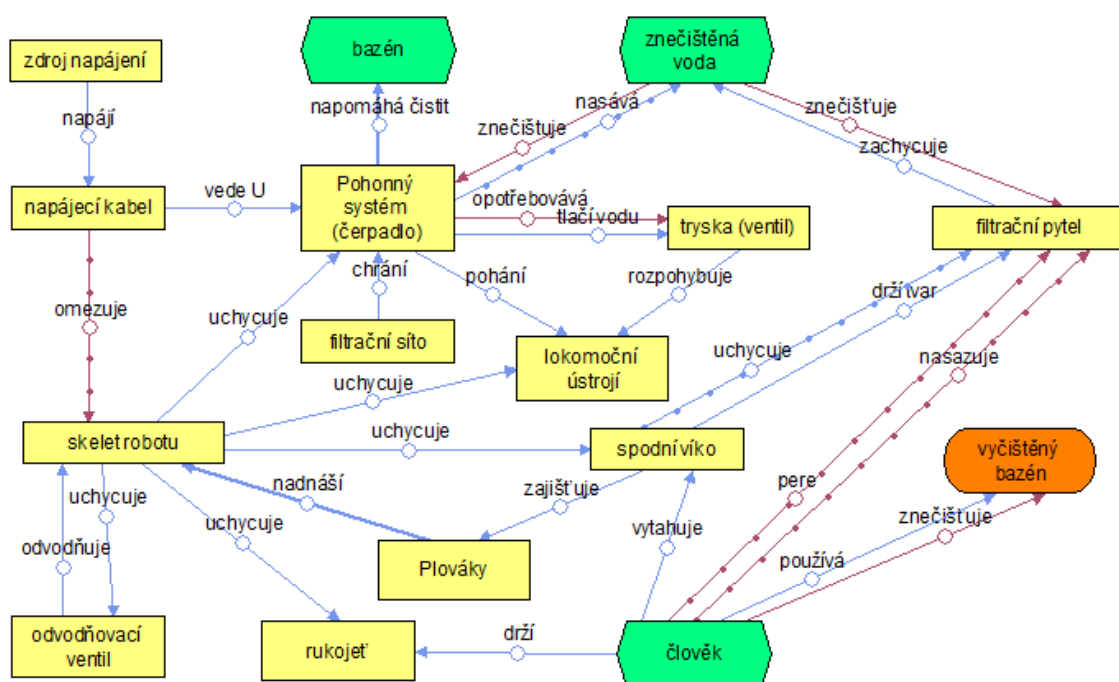
Pořadí	Parametr	Stav	Jednotka	Současný stav	Požadovaný stav	Důležitost
1	Cena	Snížit	Kč	34 000	29 000	2
2	Filtrační výkon	Zvýšit	m ³ /hod	18	20	5
3	Zjednodušení	Zvýšit				4
4	Vylepšení	Zvýšit				8

Tab. 11 - Cíle

Pořadí	Parametr	Stav	Jednotka	Hodnota
1	Hmotnost	Maximum	kg	15
2	Cena materiálu	Nezvyšovat	Kč	
3	Rozměry bazénu	Nezvyšovat	m	12

Tab. 12 – Omezení

4.3.3. Funkční model



Obr. 56

4.3.4. Svinování robotu varianta – C

Prvek systému	Hodnota funkčnosti	Hodnota problémovosti	Hodnota Nákladů [Kč]
Filtrační pytel	5	0	857,-
Filtrační síto	3,75	0	204,-
Lokomoční ústrojí	0	0	4 462,-
Napájecí kabel	3,75	3,33	6 171,-
Odvodňovací ventil	2,5	0	150,-
Plováky	2,5	8,33	270,-
Pohonný systém (čerpadlo)	10	10	4 444,-
Rukojeť	0	0	110,-
Skelet robotu	7,5	0	2 430,-
Spodní víko	8,75	3,33	1 610,-
Tryska (ventil)	0	0	1 422,-
Zdroj napájení	2,5	0	5 400,-
Celkový součet (suma)	46,25	24,99	27 530,-

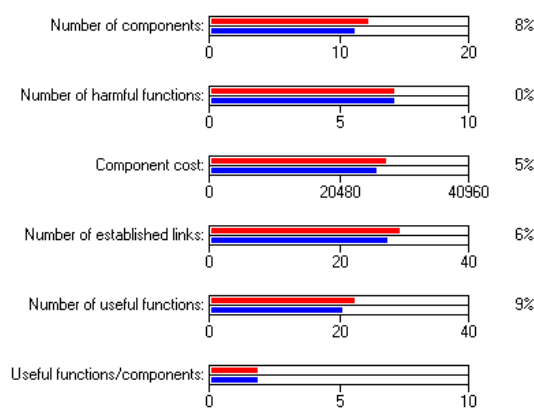
Tab. 13 - Hodnocení jednotlivých komponentů z hlediska funkčnosti, problémovosti a nákladů

Výpočet trimovacího součinitele (čtvrtého základního kritéria hodnocení):

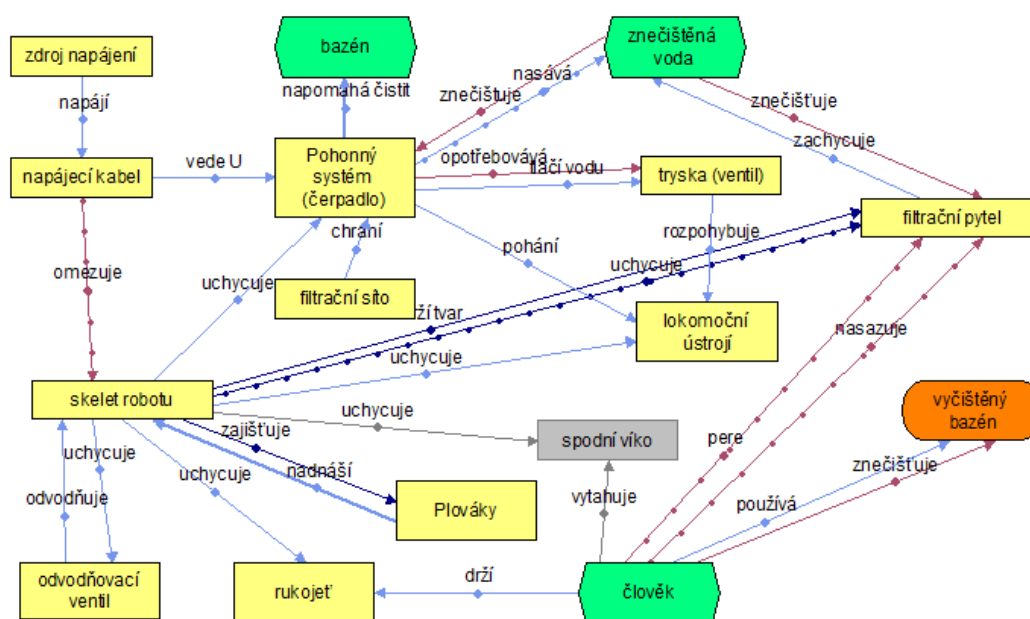
Komponent	Trimovací faktor $F_o^2/(P_o+C_o)$	Hodnota funkčnosti $F_o, \%$	Hodnota problémovosti $P_o+C_o, \%$
Filtrační pytel	18,00	10,81	2,00
Filtrační síto	42,54	8,11	0,47
Lokomoční ústrojí	0,00	0,00	10,39
Napájecí kabel	1,05	8,11	19,15
Odvodňovací ventil	25,71	5,41	0,35
Plováky	0,71	5,41	12,60
Pohonný systém (čerpadlo)	5,81	21,62	24,71
Rukojeť	0,00	0,00	0,26
Skelet robotu	14,28	16,22	5,66
Spodní víko	12,89	18,92	8,53
Tryska (ventil)	0,00	0,00	3,31
Zdroj napájení	0,71	5,41	12,57
Suma	121,7		

Tab. 14 – Souhrnné hodnocení jednotlivých komponentů, výpočet trimovacího faktoru**4.3.5. Výsledek a zhodnocení analýzy**

U varianty C bylo podobně jak u předchozích variant nejproblémovější spodní víko, jehož hlavní funkcí je uchycení a vytvarování filtračního pytle do požadovaného tvaru. Jako u předchozích variant je nutné při nasazování filtračního pytle robot obrátit o 180° a následně provést výměnu. TechOptimizer napomohl k řešení, kdy funkci víka by mohl převzít skelet robotu, a následnou úpravou této součástí by bylo možné filtrační sáček nasazovat horní částí robotu. Uchycení sáčku by taktéž zajišťoval skelet (rám robotu). Dalším problémem u tohoto robotu je zkrucování a zamotávání kabelu což by bylo také vhodné vyřešit, například použitím odolného kabelu proti zkrucování či použitím přídatných plováku.

Svinovaný komponent: spodní víko**Zjednodušené komponenty - žádné****Přenesené funkce - 3****Eliminované škodlivé funkce - 2****Obr. 57**

Výsledný model



Obr. 58

Seznam odhalených problémů varianty C

Název	Skupina
Optimalizovat opotřebení filtračního pytle obsluhou (praní)	Zvýšit účinnost
Odstranění problému zanášení čerpadla	Zvýšit kvalitu
Vylepšit ukotvení plováků ve skeletu robotu	Zvýšit účinnost
Vyřešení problému „zamotávání kabelu“	Zvýšit kvalitu
Vyřešení problému „zkrucování kabelu“	Zvýšit kvalitu
Vylepšit funkci nadnášení pomocí plováků	Zvýšit účinnost
Eliminovat opotřebení trysky (ventilu)	Zvýšit kvalitu
Vylepšení nasazování spodního víka	Zjednodušit
Zjednodušení konstrukce spodního víka	Zvýšit kvalitu

Tab. 15 – Výstupní tabulka problému programu TechOptimizer

4.4. Výběr optimální varianty

Na základě provedené analýzy v programu TechOptimizer 3.0 byla porovnáním hodnot funkčnosti, problémovosti, nákladů a doplněného trimovacího faktoru vyhodnocena jako nejvýhodnější varianta „**robot napájený kabelem, s kolovým lokomočním ústrojím**“, tedy varianta C.

Z hlediska funkčnosti je nejvýhodnější variantou varianta B, u které odpadají dva

zásadní problémy, zamotávání a zkrucování kabelu. Toto je však kompenzováno příliš vysokou cenou a z hlediska využití robotu pro zákazníka vlastní malý rodinný bazén neekonomické. Proto v úvaze připadaly varianty A nebo C, které jsou si součtem hodnot funkčnosti a nákladů velmi blízké.

V níže uvedené tabulce jsou uvedeny součty jednotlivých hodnot, na základě kterých byla vybrána optimální varianta.

Konstrukční varianta	Σ hodnot funkčnosti	Σ hodnot problémovosti	Σ hodnot trimovacího faktoru	Σ hodnot nákladů
Varianta A	48,62	30,98	55,79	36 162,-
Varianta B	59,11	29,14	146,04	72 660,-
Varianta C	46,25	24,99	121,7	30 000,-

Tab. 16 - Porovnání jednotlivých variant řešení z hlediska funkčnosti, problémovosti, nákladů a hodnoty trimovacího faktoru

4.5. Konstrukční vylepšení výsledné varianty

4.5.1. Uživatelské náměty

Při studování problematiky bazénových čističů jsem navštívil rehabilitační centrum v Chuchelné u Opavy, kde pro čištění bazénu využívají robotický čistič, konkrétně se jedná o typ Dolphin Diagnostic (**obr. 18**). V tomto centru se o čištění bazénu stará pětice údržbářů, se kterými jsem měl možnost hovořit, a kteří mi ochotně robot předvedli při samotném čistícím cyklu. Dle jejich názoru je velmi nepraktická výměna filtračního pytle, kdy se robot musí o 180° otočit a pytlík obtížněji nasadit a následně zajistit (**obr. 45**). Taktéž zmínili zamotání kabelu po čistícím cyklu, který ve většině případů nechávají přes noc. Další náměty pro zdokonalení robotu jsem získal na zahraničních diskusních fórech, kde se bazénové čističe ve většině případů potýkají s velmi kladným ohlasem, což je pro konstrukci tohoto zařízení pozitivní (velký zájem o tyto roboty). Majitelé bazénových čistících robotů zde uváděly i své negativní zkušenosti, což bylo velmi inspirující pro následné vylepšování. Zmiňovaly např., že po dvouletém používání robotu dochází ke zkrucování napájecího kabelu, což velmi přispívá k zamotávání. Jedno z řešení problému může být návrh lepšího materiálu kabelu.

Dále při použití robotu ve venkovním bazénu při nasávání nečistot jako listů, drobných větviček dojde k ucpání vtokového otvoru, neuzavření klapky uzavírající filtrační sáček a

při vytažení robotu z bazénu dojde k úniku nečistot zpět do vody. Jeden vlastník taktéž zmínil nasazení filtračního pytle, kde by uvítal, kdyby firma upustila od nasazování filtru spodní části robotu a navrhla řešení, ve kterém by došlo ke vkládání nebo vyjmutí sáčku skrz otevřený horní kryt robotu.

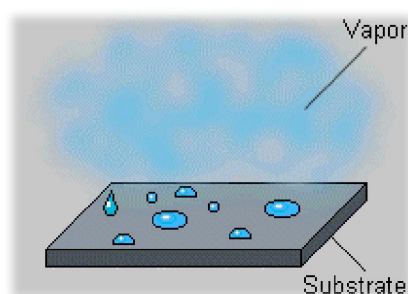
4.5.2. Efekty programu TechOptimizer 3.0

Jednou z alternativních cest při hledání řešení daného problému je modul „Efekty“ programu TechOptimizer 3.0. V tomto modulu je možno vybírat z více jak 4000 jevů a příkladů.

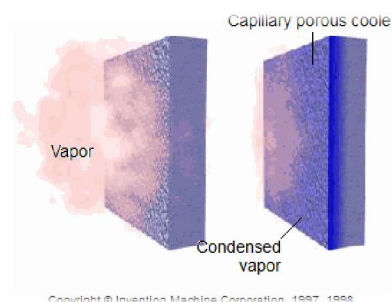
Pro problematiku bazénových čističů připadají v úvahu následující náměty.

Kondenzátory vlhkosti

V některých částech robotu, převážně v místech umístění elektrických zařízení (snímače, elektrické pohony, řídicí systém) je potřeba zajistit absolutně suché prostředí. K zajištění nashromážděné vlhkosti a k zamezení srážení (**obr. 60**) mohou sloužit kondenzátory vlhkosti (**obr. 61**).



Obr. 60



Obr. 61

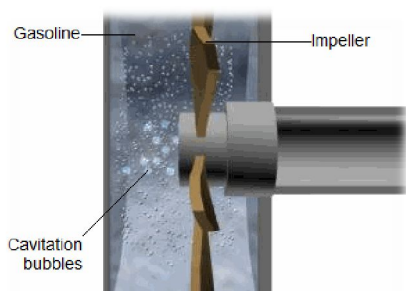
Jednou z dalších možností jak zamezit vlhkosti je použití malých gelových kuliček (**obr. 62**) „silikagel“, které výborně absorbují vlhkost při zanedbatelných nákladech.



Obr. 62

Kavitace

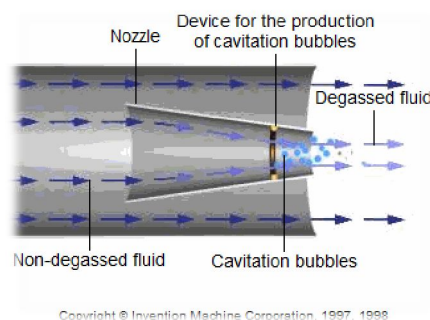
V případě konstruování čerpadla zajišťujícího nasátí znečištěné vody je třeba zohlednit problém hydrodynamických strojů a zařízení „kavitaci“ (**obr. 63**). „Kavitace (z latinského *cavitas* - dutina) je vznik dutin v kapalině při lokálním poklesu tlaku, následovaný jejich implozí. Pokles tlaku může být důsledkem lokálního zvýšení rychlosti (tzv. hydrodynamická kavitace), případně průchodu intenzivní akustické vlny v periodách zředění (akustická kavitace). Kavitace je zpočátku vyplněna vakuem, později do ní mohou difundovat plyny z okolní kapaliny. Při vymizení podtlaku, který kavitaci vytvořil, její bublina kolabuje za vzniku rázové vlny s destruktivním účinkem na okolní materiál. Kavitace vzniká například na lopatkách lodních šroubů, turbín, na čerpadlech a dalších zařízeních, která se velkou rychlostí pohybují v kapalině.“, která vede ke snižování účinnosti čerpadla, způsobuje hluk a může vést k poškození samotného čerpadla. Na vznik kavitace má především vliv velikost podtlaku, soudržnost kapaliny a její teplota (čím je nižší, tím menší je kavitace). [42]



Obr. 63

Kavitace je zpočátku vyplněna vakuem, později do ní mohou difundovat plyny z okolní kapaliny. Při vymizení podtlaku, který kavitaci vytvořil, její bublina kolabuje za vzniku rázové vlny s destruktivním účinkem na okolní materiál. Kavitace vzniká například na lopatkách lodních šroubů, turbín, na čerpadlech a dalších zařízeních, která se velkou rychlostí pohybují v kapalině.“, která vede ke snižování účinnosti čerpadla, způsobuje hluk a může vést k poškození samotného čerpadla. Na vznik kavitace má především vliv velikost podtlaku, soudržnost kapaliny a její teplota (čím je nižší, tím menší je kavitace). [42]

Jedním z možných řešení odstranění kavitace, může být použití trysky kuželového profilu (**obr. 64**), která se umístí před vrtuli čerpadla do místa průtoku přefiltrované kapaliny. Vlivem zmenšujícího se průměru trysky dojde ke zvýšení rychlosti proudící vody a tím k eliminaci vzniku kavitačních bublin v oblasti vrtule čerpadla. Případný pozitivní účinek tohoto řešení by se však ukázal až následným testováním vyrobeného prototypu.



Obr. 64

Při koupi hotového čerpadla se tímto problémem nemusíme zabývat. Výrobci čerpadel mají tento problém dokonale ošetřen dlouhodobým vývojem a bohatými zkušenostmi v oblasti hydrodynamiky.

4.5.3. Metoda morfologické analýzy

Z důvodu patentové ochrany u některých komponentů (např. JetDrive pohonný systém) je nutné najít alternativní způsob řešení. Velmi výhodné je sestavení morfologické matice a pomocí morfologické analýzy (**tab. 17**) najít všechna možná řešení problémů. Nejefektivnější způsobem řešení je sestavení matice z již analyzovaných variant a najít cílové řešení, které bude výhodné jak z ekonomického, tak z technického hlediska.

Charakteristika prvků systému		Možné alternativy řešení			Počet prvků
		1 (Varianta A)	2 (Varianta B)	3 (Varianta C)	
1	Čištění spár bazénu	Pěnové (pryžové) kartáče	Pěnové (pryžové) kartáče	Vodou pod vysokým tlakem	3
2	Detekce hladiny	Senzor v rukojeti (koncový spínač)	Senzor v rukojeti (koncový spínač)	Senzor ve skeletu (senzor vzduchu)	3
3	Nadnášení robotu	Plováky	Plováky	Plováky	3
4	Napájení robotu	Kabel (transformátor)	Baterie	Kabel (transformátor)	3
5	Nasávání vody	Čerpadlo	Čerpadlo	Čerpadlo	3
6	Odvodnění robotu	Odvodňovací ventil	Odvodňovací ventil	Odvodňovací ventil	3
7	Pohyb po bazénu	Pásové lokomoční ústrojí	Pásové lokomoční ústrojí	Kolové lokomoční ústrojí	3
8	Realizace pohybu	Elektrický motor	Elektrický motor	Patentovaný pohon (využití čerpadla)	3
9	Uchycení filtračního pytle	Filtrační síto	Filtrační síto	Spodní víko	3
10	Přenos robotu člověkem	Velká rukojeť	Velká rukojeť	Úchytka (poutko)	3
11	Zachycení nečistot	Filtrační pytel	Filtrační pytel	Filtrační pytel	3
12	Zajištění filtračního pytle	Sponka	Sponka	-	2
13	Zakrytí lok. ústrojí	Bočnice	Bočnice	-	2

Hodnocení technických kritérií

Technicky nadějně řešení

Hodnocení ekonomických kritérií

Ekonomicky efektivní řešení

Cílové řešení

Tab. 17 – Výběr cílového řešení pomocí morfologické analýzy

Na základě provedené analýzy je patrné, že problém s patentovou ochranou JetDrive pohonného systému lze vyřešit přidáním elektrického pohonu napájeného 24 V napětím, podobně jak je tomu u varianty B.

5. Popis zkonstruované varianty

Zkonstruovaný robot je opatřen pohonnou jednotkou FHA-14C-100-US200-E, umožňující skrz ozubené soukolí a párem ozubených řemenů pohánění kol a tím zajištění pohybu robotu po bazénu. Pro zajištění nasávání znečištěné vody bylo po konzultaci s výrobcem zvoleno čerpadlo A6010U využíváno u robotů AquaMAX s objemovým průtokem 19,4 m³/hod. Tlaková síla při výtlačku vody z prostoru čerpadla je využita k přitlačení robotu na dno i stěny bazénu. Podmínkou pro umožnění čištění stěn bylo kromě přitlačné síly také zajištění rovnovážného stavu mezi tíhovou a vztlakovou silou. Tohoto stavu bylo docíleno přidáním korkových plováku do oblastí pod předním a zadním krytem. Část tlakové síly je svedena pomocí kanálku v horním víku a hadiček po stranách do spodní části robotu a tím dochází k čištění dna proudem vody. Důležitou součástí robotu je skelet (rám), na který se přichycují ostatní komponenty. Skelet byl zkonstruován s rukojetí pro snadné přenášení robotu s místa uskladnění k bazénu. Často kritizované nasazování filtračního pytle bylo oproti konkurenčním výrobkům vyřešeno netradičně, kdy složená filtrační jednotka je vložena do protikusu (podvozek) zašroubováním (princip bajonetu), tím dojde k upevnění jednotky k rámu. Hřídele a spojovací materiál (šrouby, podložky, samojistné matice) jsou z důvodu nasazení ve vodním prostředí vyrobeny z nerezové oceli.

Podrobnější popis součástí robotu je uveden v následující části této práce.



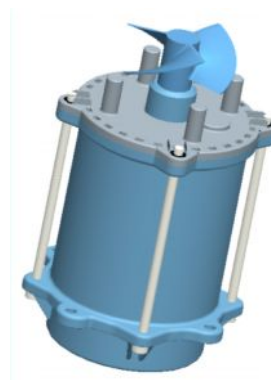
Obr. 65

Čerpadlo

Při volbě a hledání vhodného typu čerpadla byla zvažována zcela nová konstrukce, ale návrh stroje umožňující přečerpání požadovaných 20 m^3 vody za hodinu je konstrukčně velmi složitý, kde nejproblémovější částí čerpadla je návrh vrtule odebírající od motoru moment a realizující sání a následný výtlak vyčištěné vody. Proto pro nasávání znečištěné vody bylo zvoleno axiální vrtulové čerpadlo předního výrobce bazénových čistících robotů Aquaproducts Inc. Toto čerpadlo zajišťuje objemový průtok $19,4 \text{ m}^3/\text{hod.}$ vody skrz otvor o průměru 60 mm.

Parametry čerpadla:

- **typ** - A6010U
- **napájecí napětí** - 24 V
- **objemový průtok** - $19,4 \text{ m}^3/\text{hod.}$
- **hmotnost** – 1,4 kg
- **rozměry** – $\varnothing 117 \times 178 \text{ mm}$
- **příkon (spočtený)** – 161 W



Obr. 66

Údaje o čerpadle (základní parametry, rozměry, schémata) byly po vzájemné korespondenci poskytnuty výrobcem z USA.

Pohon

Pro pohánění kol byla z katalogu společnosti Harmonic drive vybrána pohonná jednotka FHA-14C-100-US200-E.

Parametry pohonu:

- **Typ** – FHA-14C-100-US200-E
- **Hmotnost** – 1,2 Kg
- **Max. moment** – 28 Nm
- **Moment** – 6,8 Nm
- **Napájecí napětí** - 24 V
- **Proud** – 4,4 A
- **Převodový poměr** – $i = 100$
- **Příkon** – 22,8 W
- **Výstupní otáčky** – 30 Min^{-1}



Obr. 67

Zdroj napájení (transformátor)

Pro napájení pohonu, čerpadla a senzorického vybavení robotu bude použit napájecí zdroj společnosti Aquaproduct, který transformuje střídavé 230 V napětí na 24 V stejnosměrné „bezpečné“ napětí.

Parametry zdroje:

- Typ - 7063C
- Vstupní napětí – 230 VAC 51 Hz
- Výstupní napětí – 24 VDC
- Výkon zdroje - 250 W
- Hmotnost - 3,5 kg
- Cena - 5 200 Kč*
- Rozměry – 250x320x200
- 3-pin „samčí“ objímka
- Tlačítko zapnout/vypnout
- Ukazatel nízkého napětí



Obr. 68

Tento zdroj byl navržen dle parametru získaného součtem vypočteného příkonu pohonné jednotky a čerpadla.

$$P_c = P_{pp} + P_{pč} = 22,8 + 161 = 183,8W \quad (5.1)$$

* Cena přepočtena z USD kurzem 17,48 Kč/\$

Napájecí kabel

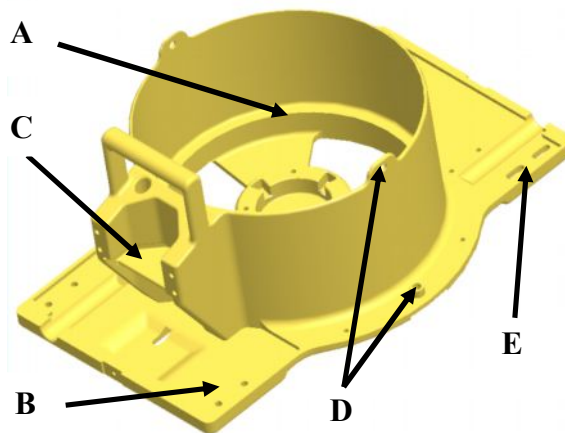
Pro napájení bazénového robotu byl zvolen napájecí kabel A16122 (obr. 69) o délce 17 m společnosti AquaProducts Inc. Po konzultaci problému s kabelem (zkrucování a následné zamotávání) se zástupcem společnosti p. Mendelsonem mi bylo sděleno, že tyto problémy vzniklé především použitím nevhodného materiálu byly po dvouleté studii vyřešený použitím kvalitnějšího materiálu a již by nemělo docházet k výše uvedeným problémům.



Obr. 69

Skelet (rám)

Skelet (**obr. 70**) tvoří základ celého robotu. Je vyrobena z technického plastu PA 12 (Polyamid - lité) s velmi dobrými mechanickými vlastnostmi. Použitý typ plastu je určen k výrobě strojů a zařízení. Ve válcové části rámu (**A**) je vyroben závit, který zajišťuje vloženou filtrační jednotku (bajonetový princip). Spodní část rámu (**B**), kde dojde k namontování ložiskových jednotek, byla zesílená. V místě uchycení pohonu (**C**) byla vytvořena přepážka pro stabilnější zajištění. Otvory (**D**) slouží k našroubování hadicových přípojek s hadičkami, pomocí kterých je část tlakové síly svedena do spodní části podvozku. Zároveň zašroubování přípojek do rámu zajistí vloženou filtrační jednotku proti vyšroubování. Na rámu v oblasti **E**, byly vytvořeny drážky pro nasazení a napnutí řemene.



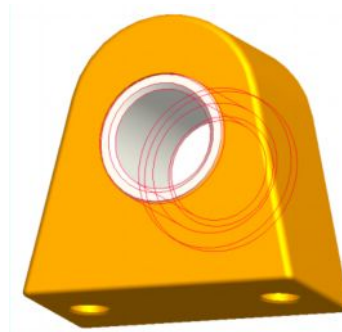
Obr. 70

Uložení kol (ložiskové jednotky)

Pro uložení kol byly zkonstruovány ložiskové jednotky (**obr. 71**). Hlavní součástí jednotky je kluzné přírubové ložisko vyrobené z technického plastu ZX-530 série WOLF-ZEDEX z katalogu společnosti Wolko-plast s.r.o., speciálně vyvinuto pro vodní aplikace. Odolnost proti korozi je způsobena inertní vlastností materiálu, která ložisko ochraňuje i v mořském a kyselém prostředí. Vhodným protiběžným materiálem je nerezová ocel 17 022 dle ČSN, ze které je vyrobena hřídel i ložiskový domek, do něhož je vsazeno ložisko. [43]

Parametry ložiska:

- bezúdržbový
- odolný opotřebení
- nízké opotřebení, tření
- vnější nasazení a nasazení ve vodě
- velmi nízký vývoj tepla
- velmi dobrá chemická a mechanická odolnost
- dovolený tlak na plochu $p_d = 30 \text{ MPa}$



Obr. 71

Kuželová ozubená kola, řemenice a řemen

Tyto součásti jsou vlivem nasazení ve vodním prostředí vyrobeny z technického plastu ERTALON 66 - GF30 nebo také PA 66 - GF30 (GF30 – z 30% vyztužený skleněnými vlákny). Tento materiál představuje optimální kombinaci mechanické pevnosti, tuhosti, tlumicí schopnosti a odolnosti proti opotřebení a je určen pro výrobu ozubených kol, řemenic a dalších mechanicky namáhaných součástí. Uvedené vlastnosti, společně s příznivými elektroizolačními vlastnostmi a dobrou odolností proti působení chemikálií řadí Ertalon do skupiny materiálů univerzálně použitelných v oblasti konstrukce a údržby. [44], [45]



Obr. 72



Obr. 73

Nejdůležitější vlastnosti použitého materiálu:

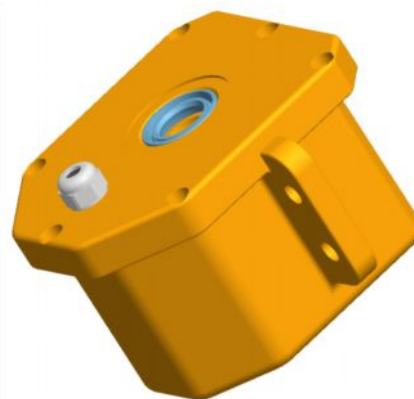
- vysoká mechanická pevnost v ohybu - 130 MPa
- vysoká tvrdost, tuhost a houževnatost
- vysoká mez únavy
- vysoká mechanická tlumicí schopnost
- dobré kluzné vlastnosti (ložiska použita ve vodním prostředí)
- vynikající odolnost proti opotřebení

Pro přenos momentu na hnanou hřídel byly použity 2 řemeny L 075 o délce 723,9 mm.

Utěsnění pohonu

K zajištění těsnosti pohonu byl zkonstruován vodotěsný plastový (PA 12) kryt (**obr. 74**) do něhož bude motor vsazen. Utěsnění mezi krytem a víkem bude zajištěno pohotovým jednosložkovým silikonovým tmelem acetosylového typu RHODORSEAL 5661, který se po reakci s atmosférickou vlhkostí během několika hodin mění v trvale pružnou hmotu a dokonale těsní. [46]

Problematické bylo utěsnění oblasti okolo



Obr. 74

výstupní nerezové hřídele. Použití standardního gufera nebylo možné, protože by došlo k následnému poškození „měkké“ hřídele vlivem tření. Tento problém byl vyřešen použitím hřídelového těsnění OmniLip™ 60 - 18x30 - 72 M4 (**obr. 75**), který vlivem vysoké odolnosti proti opotřebení doprovázený nižším třením je doporučován pro hřídele vyrobené z nerezové oceli. [47]

K utěsnění kabelových vývodů byly použity kabelové průchodky se závitem PG 7 do maximálního průměru kabelu 6,5 mm a krytím IP 68 (**obr. 76**), což zabezpečuje absolutní těsnost vůči vodě.



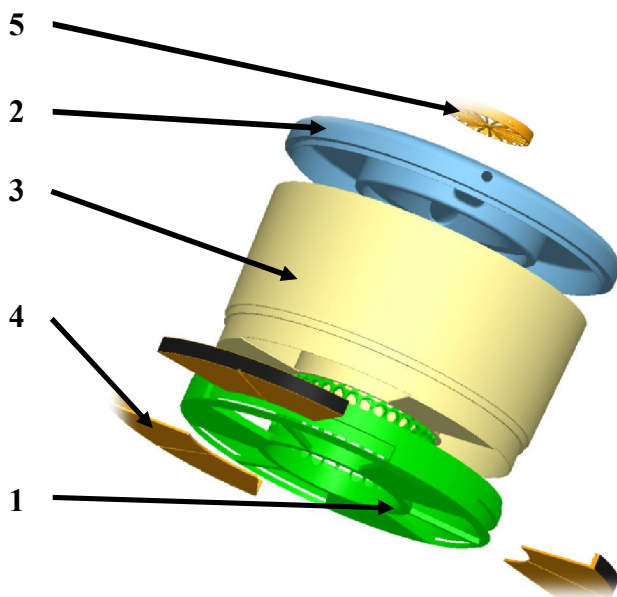
Obr. 75



Obr. 76

Filtrační jednotka

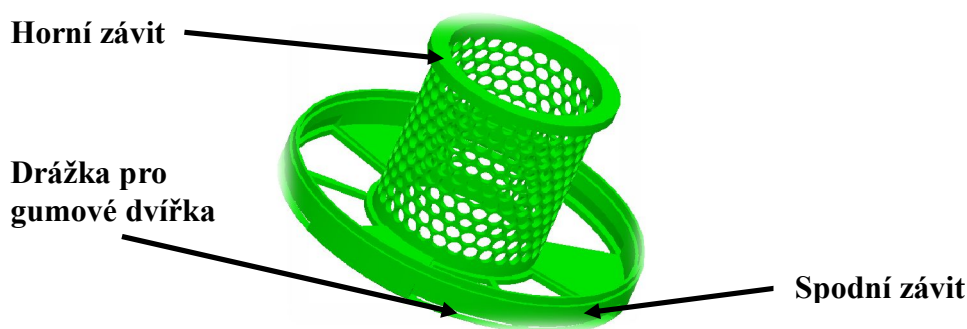
Navržená jednotka (**obr. 77**) slouží k přefiltrování a zachycení nečistot ve znečištěném bazénu při čistícím cyklu. Skládá se z pěti hlavních částí: kostra filtru (**1**), filtrační pytel (**2**), víko (**3**), gumové dvířka (**4**) a krytka vrtule čerpadla (**5**). Upevnění jednotky na čistící robot se provede zašroubováním do skeletu (rámu).



Obr. 77

Kostra filtru (1)

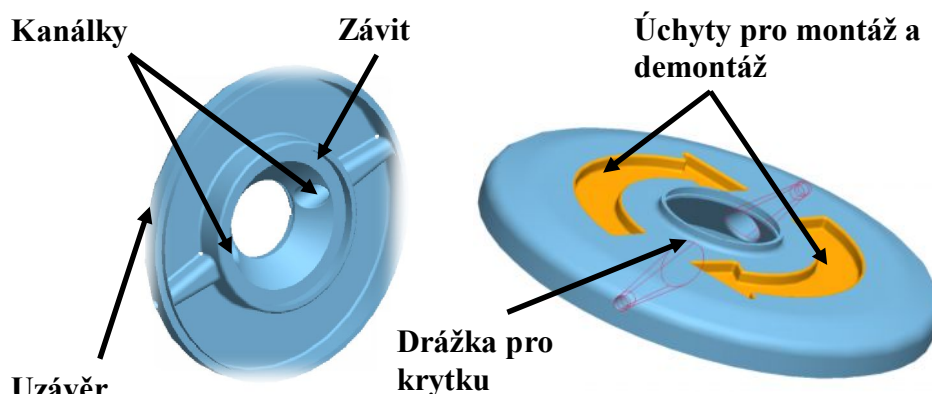
Kostra (**obr. 78**) tvoří základ filtrační jednotky. Ve spodní a horní části je vytvořen závit. Spodní závit slouží pro zašroubování celé jednotky do rámu robotu. Na horní závit se zašroubuje víko (**2**), které slouží k uzavření filtrační jednotky. V prostřední části je umístěno čerpadlo, a proto bylo nutné prostřední část kostry vytvořit děrovanou z důvodu umožnění proudění vody. Na kostře je část uzávěrů (zipu) k upevnění filtračního pytle. Kostra je vyrobena z technického plastu (PP Mosten MA 611). [48]



Obr. 78

Víko (2)

Víko (**obr. 79**) slouží k uzavření celé filtrační jednotky. V oblasti umístění čerpadla dochází ke kuželovému zúžení až na průměr 60 mm, který je potřebný pro zajištění požadovaného objemového průtoku přefiltrované vody při výtlačku. Část tlakové síly je pomocí kanálků ve víku a s pomocí hadiček svedena do spodní části robotu, kde dochází k otryskávání části bazénu svedenou vodou. Ve spodní části víka je vytvořen závit pro zašroubování ke kostře filtru (**1**). Na víku je stejně jak u kostry část uzávěrů (zipu) k upevnění filtračního pytle. Pro snadné zašroubování celé jednotky do rámu robotu (skeletu) jsou na víku vytvořeny úchyty ve tvaru šipky znázorňující směr montáže a demontáže. Víko je dále osazeno drážkou pro vložení a zajištění krytky vrtule čerpadla. Víko je vyrobeno z polypropylenu (PP Mosten MA 611).

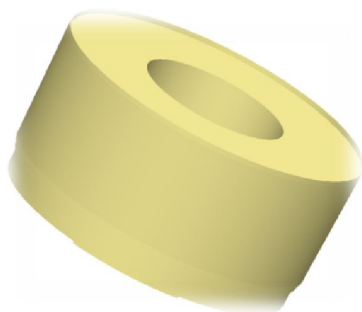
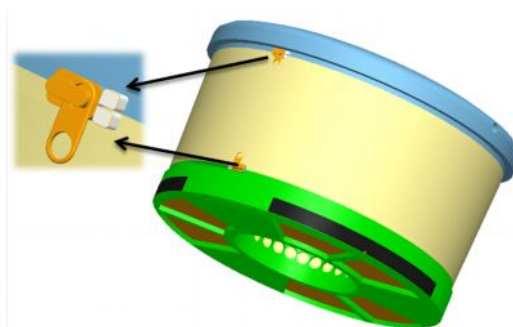


Obr. 79

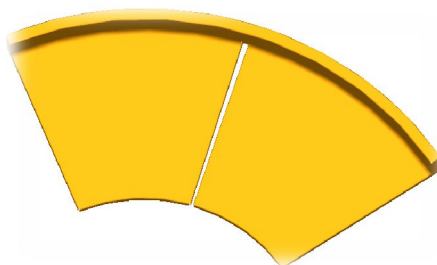
Filtrační pytel (3)

Filtrační pytel (**obr. 80**) je ušit z netkané textilie PP Mosten NB 425, ze které se vyrábí filtry do různých filtračních zařízení. Polypropylen se vyznačuje dokonalou odolností vůči alkáliím, minerálním a organickým kyselinám, okysličovadlům a rozpouštědlům. Filtrační schopnost je dostupná v rozsahu od 1 do 200 mikronů dle mikronového měřítka. [49], [50]

Upevnění sáčku ke kostře (1) a víku (2) je provedeno pomocí dvou uzávěrů (**obr. 81**).

**Obr. 80****Obr. 81****Gumové dvířka (4)**

Dvířka (**obr. 82**) slouží pro uzavření nasátých nečistot uvnitř filtrační jednotky. Jsou vyrobeny ze silikonové pryže pro snadné ohnutí při nasávání znečištěné vody čerpadlem. Po vypnutí čerpadla dojde k samovolnému uzavření dvířek.

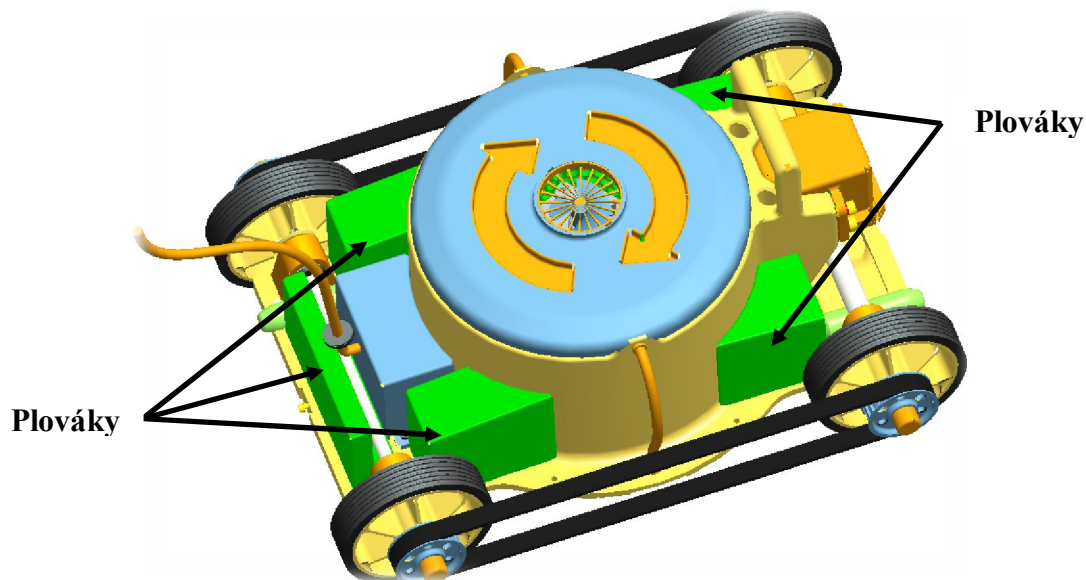
**Obr. 82****Krytka vrtule čerpadla (5)**

Krytka (**obr. 83**) slouží k ochraně čerpadla proti vniknutí cizích předmětů (větvíčky, listí,...). Podobně jako ostatní součásti filtrační jednotky je vyrobena z PP Mosten MA 611.

**Obr. 83**

Plováky

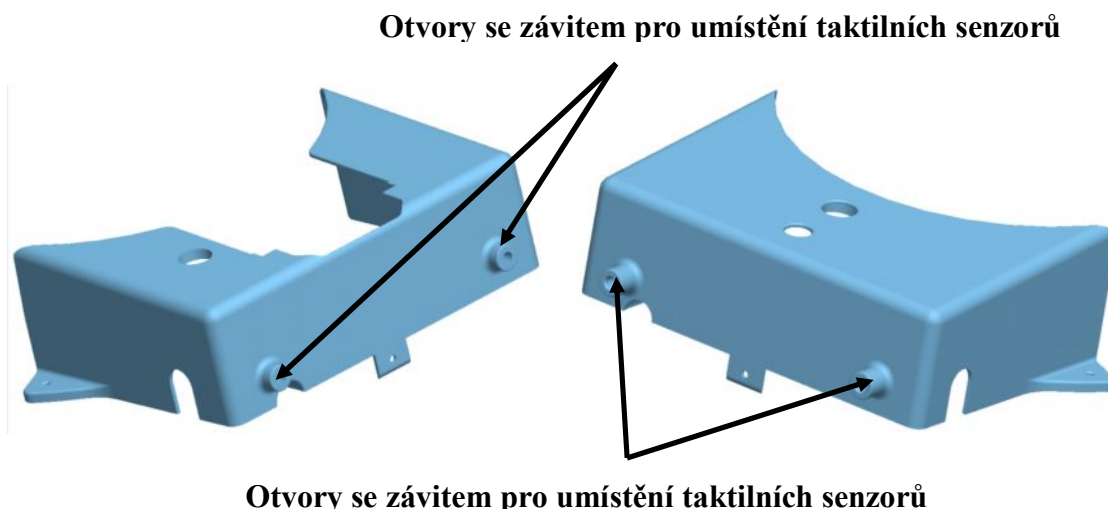
Pro zajištění rovnosti tíhové a vztlakové síly bylo nutné robot osadit plováky. Jako materiál plováku je použit korek. Alternativně je možné použití vzduchových plastových plováků. Rozmístění jednotlivých plováků je vyobrazeno na **obr. 84**.



Obr. 84

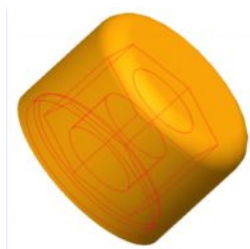
Kryty

Kryty (**obr. 85**) chrání funkční části robotu, především ozubené soukolí a hřídele. Dále přitlačují použité korkové plováky a hydrostatické tlakové sondy ke skeletu robotu a tím dochází k zajištění těchto součástí. V krytech jsou umístěny otvory se závitem pro upevnění taktilních senzorů. Kryty jsou vyrobeny z PP Mosten MA 611.



Obr. 85

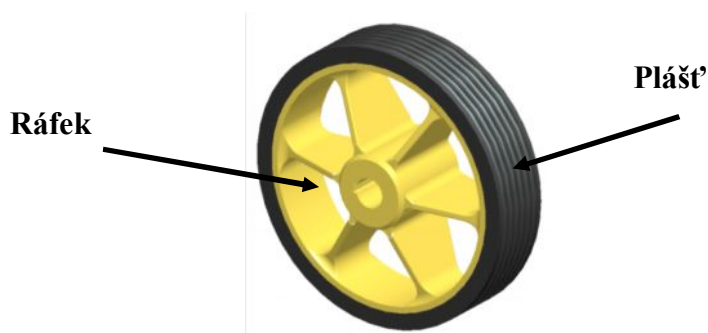
Krytka na **obr. 86** slouží k zakrytí koncových části hřídelů a samojistných matic, aby nedocházelo při pohybu robotu k poškození stěn bazénu. Jsou vyrobeny z PP Mosten MA 611. Řemeny z důvodu velmi malé rychlosti nejsou zakrytovány.



Obr. 86

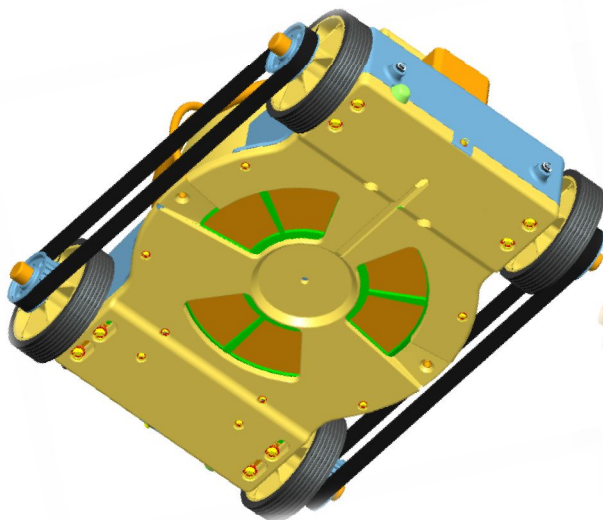
Kola

Pro lepší přilnutí kol (**obr. 87**) na dno a stěny bazénu a minimalizace tření jsou pláště vyrobeny ze silikonové pryže. Ráfky jsou z polyamidu (PA 12).

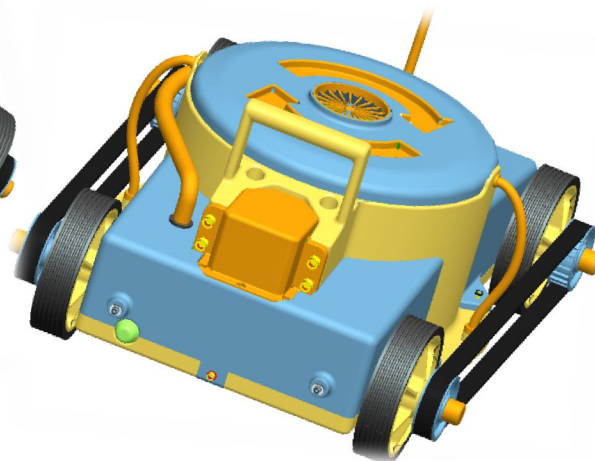


Obr. 87

Celkový pohled na model robotu



Obr. 88

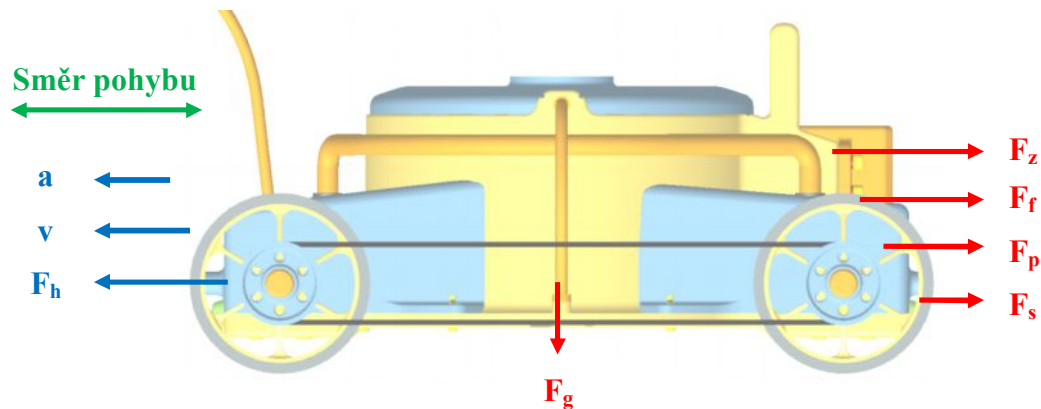


Obr. 89

6. Návrhové a kontrolní výpočty základních konstrukčních prvků

6.1. Návrh pohonu

Na **obr. 90** jsou znázorněny působící síly potřebné k nedimenzování pohonu.



Obr. 90

Legenda:

F_z – odpor zrychlení

F_f – třecí odpory

F_p – odpor prostředí

F_s – odpor zrychlení setrvačných rotujících hmot

F_h – síla potřebná pro pohyb robotu

F_g – tíhová síla

Dáno:

- | | |
|----------------------------|--------------------------------|
| ➤ rychlost robotu | $v = 0,23 \text{ m/s}$ |
| ➤ zrychlení robotu | $a = 0,8 \text{ m/s}^2$ |
| ➤ hmotnost robotu | $m = 15 \text{ kg}$ |
| ➤ poloměr poháněného kola | $r = 0,075 \text{ m}$ |
| ➤ trakční součinitel tření | $\mu = 0,25$ |
| ➤ tíhové zrychlení | $g = 9,806 \text{ m/s}^2$ |
| ➤ hustota vody | $\rho_v = 1000 \text{ kg/m}^3$ |

Výpočet:

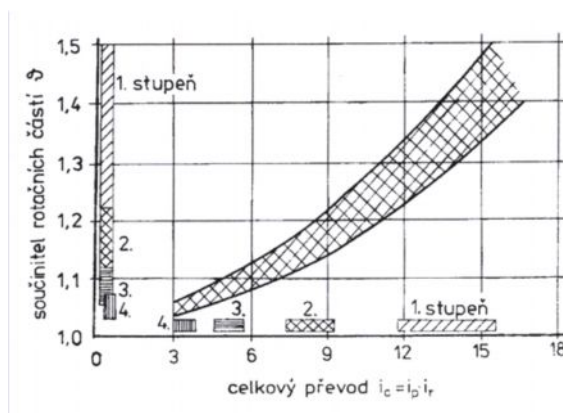
Síla potřebná pro pohyb robotu

$$F_h = F_f + F_z + F_p + F_s \quad (6.1)$$

Dosazením níže uvedených vztahů do (6.1) dostaneme:

$$F_h = \mu \cdot (m \cdot g + F_{př}) + m \cdot a + c_x \cdot \rho_v \cdot S \cdot \frac{v^2}{2} + \frac{1}{r} \cdot J_c \cdot \varepsilon \quad (6.2)$$

Odpor způsobený setrvačností rotujících hmot (hřídel, převodovka, pojezdová kola, rotor motoru) je v praxi obtížné přesně určit. Proto bude výpočet zjednodušen zavedením bezrozměrového součinitele rotačních odporů ϑ . [Vlk František, 2003]



Graf 1 - Diagram součinitele rotačních částí

Po úpravě

$$F_h = \mu \cdot (m \cdot g + F_{pr}) + c_x \cdot \rho_v \cdot S \cdot \frac{v^2}{2} + m \cdot a \cdot \vartheta \quad (6.3)$$

$$F_h = 0,25 \cdot (15 \cdot 9,806 + 10,32) + 1,15 \cdot 1000 \cdot 0,45 \cdot 0,25 \cdot \frac{0,23^2}{2} + 15 \cdot 0,8 \cdot 1,3$$

$$F_h = 39,35 + 3,42 + 15,6 = \underline{\underline{58,4 \text{ N}}}$$

- **třecí odpor**

Do výpočtu třecího odporu je potřeba zahrnout i přítlačnou sílu ze vztahu (6.33). Součinitel valivého tření μ je určen přibližně 0,25 dle [51] (přesný součinitel lze získat pouze experimentálně a proto byla použita známá katalogová hodnota naměřena za podobných podmínek **mokrý asfalt - guma**).

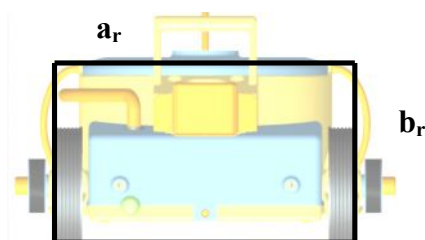
$$F_f = \mu \cdot (F_g + F_{pr}) = \mu \cdot (m \cdot g + F_{pr}) = 0,25 \cdot (15 \cdot 9,806 + 10,32) = \underline{\underline{39,35 \text{ N}}} \quad (6.4)$$

- **odpor zrychlení**

$$F_z = m \cdot a = 15 \cdot 0,8 = \underline{\underline{12 \text{ N}}} \quad (6.5)$$

- **odpor prostředí**

čisticí robot pohybující se v horizontálním směru překonává odpor prostředí. Tento odpor je závislý především na průmětu povrchu tělesa („idealizovaná obdélníková plocha“) kolmé na směr pohybu (**obr. 91**).



Obr. 91

$$F_p = c_x \cdot \rho_v \cdot S \cdot \frac{v^2}{2} = 1,15 \cdot 1000 \cdot 0,45 \cdot 0,25 \cdot \frac{0,23^2}{2} = \underline{3,42 \text{ N}} \quad (6.6)$$

kde součinitel odporu těles c_x se určí pomocí tabulky [Mechanika tekutin, str. 206].
Rozhodující pro určení součinitele je poměr délek stran průmětu povrchu tělesa.

Poměr délek:

$$\frac{a_r}{b_r} = \frac{0,45}{0,25} = 1,8 \Rightarrow c_x = 1,15 \quad (6.7)$$

Nejbližší vyšší poměrová hodnota je 2. Pro tuto hodnotu je součinitel odporu těles $c_x = 1,15$

pro $\frac{a_r}{b_r} = 2 \Rightarrow c_x = 1,15$
 $\frac{a_r}{b_r} = 4 \Rightarrow c_x = 1,19$

- **odpor zrychlení setrvačných rotujících hmot**

$$F_s = \frac{1}{r} * J_c \cdot \varepsilon = \frac{1}{r} \cdot (J_{M \rightarrow K} + J_p + J_K) \cdot \varepsilon = \frac{1}{r} \cdot (J_M * i^2 + J_p + J_K) \cdot \varepsilon \quad (6.8)$$

kde	$J_{M \rightarrow K}$	-	moment setrvačnosti přes převodovku k hnanému kolu [kg/m ²]
	r	-	poloměr poháněného kola [mm]
	ε	-	úhlové zrychlení [rad ⁻¹]
	J_c	-	celkový moment setrvačnosti [kg/m ²]
	J_p	-	moment setrvačnosti převodovky [kg/m ²]
	J_K	-	moment setrvačnosti hnaného kola [kg/m ²]
	J_M	-	moment setrvačnosti motoru [kg/m ²]
	i	-	převodový poměr

➤ **odpor při přechodu robotu ze dna na stěnu bazénu**

Tento odpor je vlivem rovnováhy tíhové a vztlakové síly minimální a proto není zahrnut do výpočtu potřebné hnací síly. Při pohybu robotu po dně bazénu a najetí na překážku (stěna bazénu) dojde k nadzvednutí předního či zadního kola (v závislosti na směru pohybu) a robot má snahu k pohybu po stěně bazénu. Vlivem pohybu ve vodním prostředí a působením přitlačné síly dojde k přitlačení robotu a pohybu robotu po svislé stěně bazénu.

Požadovaný výkon pohonné jednotky

$$P_m = F_h \cdot v = 58,4 \cdot 0,23 = \underline{13,43 \text{ W}} \quad (6.9)$$

Předběžný výkon je 15,92 W. Do výsledného výkonu je potřeba zahrnout ztráty způsobené např. účinností převodu, nepřesností výroby a nepřesným stanovením hodnot trakčního součinitele tření μ a součinitele rotačních odporů ϑ . Proto je nutné výkon motoru předimenzovat bezpečnostním faktorem k_B . Faktor k_B volím 1,4. [Novák Petr, 2005]

$$P'_m = P_m \cdot k_B = 13,43 \cdot 1,4 = \underline{18,8 \text{ W}} = \underline{0,0188 \text{ kW}} \quad (6.10)$$

Požadovaný moment z výkonu

$$M = \frac{P'_m \cdot r}{v} = \frac{18,8 \cdot 0,075}{0,23} = \underline{6,13 \text{ Nm}} \quad (6.11)$$

Požadované otáčky na výstupu z převodovky

$$o = \frac{v}{2 \cdot \pi \cdot r} \cdot 60 = \frac{0,23}{2 \cdot \pi \cdot 0,075} \cdot 60 = \underline{29,3 \text{ min}^{-1}} \quad (6.12)$$

Pro výběr pohonu byly získány následující parametry:

- požadovaný moment $M = 6,13 \text{ Nm}$
- požadovaný výkon $P'_m = 18,8 \text{ W}$
- požadované otáčky $o = 29,3 \text{ min}^{-1}$

Pro vypočtené hodnoty byla vybrána z katalogu společnosti Harmonic drive pohonná jednotka FHA-14C-100-US200-E.

Parametry pohonu:

- **Typ** – FHA-14C-100-US200-E
- **Hmotnost** – 1,2 kg
- **Max. moment** – 28 Nm
- **Moment** – 6,8 Nm
- **Napájecí napětí** - 24 V
- **Převodový poměr** – $i = 100$
- **Výstupní otáčky** – 30 min^{-1}
- **Účinnost pohonu** – 85%



Obr. 92

Pro kontrolu navrženého pohonu je potřeba provést kontrolní výpočet s přesným dosazením momentů setrvačnosti podle vztahu:

$$P_m = F_h \cdot v = \left(\mu \cdot (m \cdot g + F_{pr}) + m \cdot a + c_x \cdot \rho_v \cdot S \cdot \frac{v^2}{2} + \frac{1}{r} \cdot J_c \cdot \varepsilon \right) \cdot v \quad (6.13)$$

$$P_m = \left(0,25 \cdot (15 \cdot 9,806 + 10,32) + 15 \cdot 0,8 + 1,15 \cdot 1000 \cdot 0,45 \cdot 0,25 \cdot \frac{0,23^2}{2} + \frac{1}{0,075} \cdot 0,2072 \cdot 10,67 \right) \cdot 0,23$$

$$P_m = (39,35 + 12 + 3,42 + 29,48) \cdot 0,23 = \underline{19,4 \text{ W}}$$

kde

Celkový moment setrvačnosti

$$J_c = J_{M+p} + J_K = 0,2 + 7,2 \cdot 10^{-3} = 0,2072 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (6.14)$$

- **moment setrvačnosti pohonné jednotky (z katalogu výrobce)**

$$J_{M+p} = 0,2 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

- **moment setrvačnosti hnacích kol**

pomocí ozubeného převodu budou poháněna všechna čtyři kola, proto vztah pro moment setrvačnost kol:

$$J_K = 4 \cdot m_K \cdot r^2 = 4 \cdot 0,32 \cdot 0,075^2 = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \quad (6.15)$$

kde hmotnost jednoho kola je $m_K = 0,32 \text{ kg}$

Úhlové zrychlení

$$\varepsilon = \frac{a}{r} = \frac{0,8}{0,075} = 10,67 \text{ rad/s}^2 \quad (6.16)$$

Výsledný moment pohonu

$$M = \frac{P_m \cdot r}{v} = \frac{19,4 \cdot 0,075}{0,23} = \underline{\underline{6,32 \text{ Nm}}} \quad (6.17)$$

Porovnáním předběžných parametrů pro výběr pohonu a parametrů spočtených (se zahrnutím momentů setrvačnosti pohonné jednotky, kol) je zřejmé, že pohonná jednotka je zvolena správně.

Příkon motoru

Pro návrh vhodného zdroje napájení (transformátoru) je důležité znát příkon pohonné jednotky.

$$P_{pp} = \frac{P_m}{\eta_p} = \frac{19,4}{0,85} = \underline{\underline{22,8 \text{ W}}} \quad (6.18)$$

6.2. Výpočet hydrostatického tlaku v maximální pracovní hloubce**Dáno:**

- hustota vody $\rho_v = 1000 \text{ kg/m}^3$
- max. pracovní hloubka $h = 2,5 \text{ m}$
- tíhové zrychlení $g = 9,806 \text{ m/s}^2$

Výpočet:

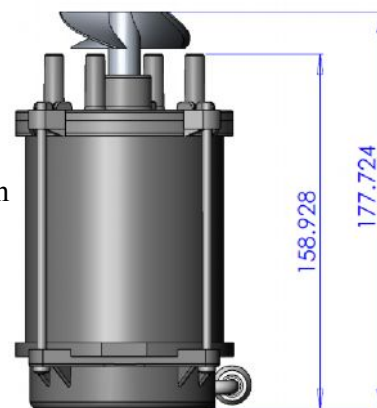
$$p_h = h \cdot \rho \cdot g = 2,5 \cdot 1000 \cdot 9,806 = 24515 \text{ Pa} = 0,0245 \text{ MPa} \quad (6.19)$$

6.3. Výpočet příkonu čerpadla A6010U

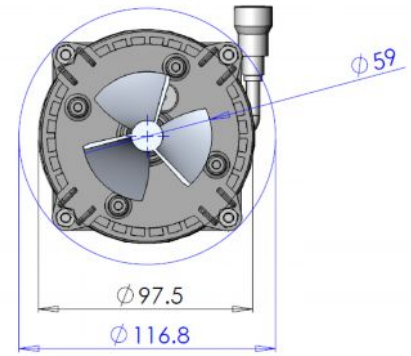
Pro návrh vhodného zdroje napájení (transformátoru) je důležité znát příkon čerpadla, který výrobce neuvádí. U použitého typu A6010U, které se využívá v bazénových robotech AquaMAX spolu s pohonem lokomočního ústrojí je uváděný celkový příkon přístroje 0,18 kW. S použitím poznatků získaných v hydromechanice a idealizace lze příkon čerpadla přibližně vypočítat.

Dáno:

- dyn. viskozita při 25 °C $\eta = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}$
- hustota vody $\rho_v = 1000 \text{ kg/m}^3$
- hydrostatický tlak $p_h = 24515 \text{ Pa}$
- Ø sacího potrubí $d_{s1} = 0,13 \text{ m}$ $d_{s2} = 0,29 \text{ m}$
- Ø výtlačného potrubí $d_v = 0,06 \text{ m}$
- objemový průtok $Q_v = 5,39 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$
- součinitel místní ztráty (výtlačné potrubí) $\xi_v = 0,2$
- součinitel místní ztráty (sací potrubí) $\xi_s = 0,5$

**Obr. 93**

- tíhové zrychlení $g = 9,806 \text{ m/s}^2$
- výška sacího potrubí $h_s = l_s = 0,17 \text{ m}$
- výška výtlačného potrubí $h_v = l_v = 0,03 \text{ m}$
- účinnost čerpadla $\eta_c = 90 \%$



Obr. 94

Výpočet:**Příkon čerpadla**

$$P_{p_c} = \frac{Y_s \cdot Q_m}{\eta_c} = \frac{Y_s \cdot Q_v \cdot \rho_v}{\eta_c} = \frac{26,86 \cdot 5,39 \cdot 10^{-3} \cdot 1000}{0,9} = 161 \text{ W} = \underline{0,161 \text{ kW}} \quad (6.20)$$

Skutečná měrná energie čerpadla

$$Y_s = g \cdot (h_s + h_v + h_{zs} + h_{zv}) + \frac{p_h}{\rho_v} \quad (6.21)$$

$$Y_s = 9,806 \cdot (0,17 + 0,03 + 2,67 \cdot 10^{-4} + 0,039) + \frac{24515}{1000} = \underline{26,86 \text{ J/kg}}$$

- **rychlost vody ve výtlačném potrubí¹**

¹ kuželový kanál ve víku nad vrtulí čerpadla, který je zakončen ochrannou krytkou vrtule.

$$Q_v = S_v \cdot v_v \Rightarrow v_v = \frac{Q_v}{S_v} = \frac{Q_v}{\frac{\pi \cdot d_v^2}{4}} = \frac{4 \cdot 5,38 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,06^2} = \underline{1,91 \text{ m/s}} \quad (6.22)$$

- **rychlost vody v sacím potrubí²**

² kanál mezikruhového průřezu ve skeletu (rámu) robotu, do něhož se zašroubuje filtrační jednotka (v prostřední části kanálu je umístěno čerpadlo).

platí rovnice kontinuity:

$$Q_v = Q_s \quad (6.23)$$

$$S_v \cdot v_v = S_s \cdot v_s \Rightarrow v_s = v_v \cdot \frac{S_v}{S_s} \quad (6.24)$$

$$v_s = v_v \cdot \frac{\frac{\pi \cdot d_v^2}{4}}{\frac{\pi \cdot (d_{s2}^2 - d_{s1}^2)}{4}} = v_v \cdot \frac{d_v^2}{d_{s2}^2 - d_{s1}^2} = 1,91 \cdot \frac{0,06^2}{0,29^2 - 0,13^2} = \underline{0,1 \text{ m/s}}$$

- **ztrátová výška sacího potrubí**

$$h_{zs} = \frac{v_s^2}{2 \cdot g} \cdot \left(\sum \xi_s + \lambda_s \cdot \frac{l_s}{d_h} \right) = \frac{0,1^2}{2 \cdot 9,806} \cdot \left(0,5 + 0,027 \cdot \frac{0,17}{0,2} \right) = \underline{2,67 \cdot 10^{-4} \text{ m}} \quad (6.25)$$

kde součinitel tření dle Blasia $\lambda_s = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{R_e}} = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{1,53 \cdot 10^4}} = \underline{0,027}$ (6.26)

Reynoldsovo číslo $R_e = \frac{v_s \cdot d_h}{\nu} = \frac{0,1 \cdot 0,16}{0,9 \cdot 10^{-6}} = 1,8 \cdot 10^4$ (6.27)

hydraulický průměr $d_h = 4 \cdot \frac{S_s}{O_s} = \frac{4 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (d_2^2 - d_1^2)}{\pi \cdot (d_1 + d_2)}$ (6.28)

$$d_h = d_2 - d_1 = 0,29 - 0,13 = \underline{0,16} \text{ m}$$

kinematická viskozita $\nu = \frac{\eta}{\rho_v} = \frac{0,9 \cdot 10^{-3}}{1000} = \underline{0,9 \cdot 10^{-6}} \text{ m}^2/\text{s}$ (6.29)

- ztrátová výška výtlačného potrubí

$$h_{zv} = \frac{v_v^2}{2 \cdot g} \cdot \left(\sum \xi_v + \lambda_v \cdot \frac{l_v}{d_v} \right) = \frac{1,91^2}{2 \cdot 9,806} \cdot \left(0,2 + 0,017 \cdot \frac{0,03}{0,06} \right) = \underline{0,039} \text{ m}$$
 (6.30)

kde součinitel tření dle Blasia $\lambda_v = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{R_e}} = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{12,7 \cdot 10^4}} = \underline{0,017}$ (6.31)

Reynoldsovo číslo $R_e = \frac{v_v \cdot d_v}{\nu} = \frac{1,91 \cdot 0,06}{0,9 \cdot 10^{-6}} = \underline{12,7 \cdot 10^4}$ (6.32)

6.4. Výpočet přitlačné síly

Pomocí hybnostní věty v hydromechanice, lze spočítat přibližný silový účinek paprsku kapaliny při výtlačku přefiltrované vody, která umožňuje přitlačení robotu jak na dno, tak i na stěnu bazénu. Ve výpočtu se vychází z objemového průtoku udávaného výrobcem, přičemž maximálního průtoku se dosahuje při čištění stěn bazénu (zvětšením otáček čerpadla dojde ke zvýšení průtoku a tím i k zvýšení přitlačné síly).

Dáno:

- rychlost vody ve výtlačném potrubí $v_v = 1,91 \text{ m/s}$
- Ø výtlačného potrubí $d_v = 0,06 \text{ m}$
- hustota vody $\rho_v = 1000 \text{ kg/m}^3$

Výpočet:

$$F_{př} = \rho_v \cdot Q_v \cdot v_v = \rho \cdot S \cdot v_v^2 = \rho_v \cdot \frac{\pi \cdot d_v^2}{4} \cdot v_v^2$$
 (6.33)

$$F_{př} = 1000 \cdot \frac{\pi \cdot 0,06^2}{4} \cdot 1,91^2 = \underline{10,32} \text{ N}$$

U této vypočtené síly nelze jednoznačně rozhodnout, zda bude její velikost dostačující pro přitlačení robotu ke dnu a stěně bazénu. Řešením by bylo zkonstruovat prototyp robotu a následným pokusem ve vodním prostředí vyhodnotit zda tato síla bude dostatečná. V této fázi návrhového projektu je proto výše vypočtená síla vyhodnocena jako dostačující (tento závěr je opřen o fakt, že navržené čerpadlo zajišťuje přitlačení na dno i stěny bazénu u bazénového čističe AquaMAX s obdobnými parametry, jak v tomto případě.

6.5. Vyvážení bazénového čistícího robotu

Na čistící robot pracující pod vodní hladinou působí vztlaková a tíhová síla popsána Archimédovým zákonem „Těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno vztlakovou silou F_{vz} , která je rovna gravitační síle F_g , působící na kapalinu tělesem vytlačenou.“ Vztlaková síla je závislá na objemu a hustotě tělesa. Obecně platí:

- pokud je $\rho_v < \rho_t$, pak těleso v kapalině klesá ke dnu
- pokud je $\rho_v = \rho_t$, pak se těleso v kapalině volně vznáší
- pokud je $\rho_v > \rho_t$, pak těleso v kapalině stoupá vzhůru k volnému povrchu.

kde ρ_v – hustota kapaliny

ρ_t – hustota tělesa

Cílem vyvážení je zajistit vznášení robotu, tedy rovnost vztlakové a tíhové síly $F_{vz} = F_g$.

6.5.1. Výpočet tíhové a vztlakové síly před vyvážením

Hodnoty hmotnosti a objemu robotu byly získány z modelu robotu vytvořeného v Pro/E.

Dáno:

- Objem robotu – $V_N = 0,011 \text{ m}^3$
- Hmotnost robotu – $m_N = 13,66 \text{ kg}$

Výpočet tíhové síly

$$F_{GN} = m_N \cdot g = 13,66 \cdot 9,806 = \underline{133,95 \text{ N}} \quad (6.34)$$

Výpočet vztlakové síly

$$F_{VZN} = V_N \cdot \rho_v \cdot g = 0,011 \cdot 1000 \cdot 9,806 = \underline{107,87 \text{ N}} \quad (6.35)$$

Rozdíl mezi tíhovou a vztlakovou silou

$$F_{RN} = F_{GN} - F_{VZN} = 133,95 - 107,87 = 26,08 \text{ N} \quad (6.36)$$

Tíhová síla je větší než vztlaková => nutnost použití plováků pro vyrovnání těchto sil.

Výpočet potřebného objemu plováku

$$V_p = \frac{F_{RN}}{\rho_v \cdot g} = \frac{26,08}{1000 \cdot 9,806} = \underline{2,66 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3} \quad (6.37)$$

Plováky je potřeba rozmístit do volného prostoru pod kryty, z toho důvodu je nutné tvar a velikost plováku určit experimentálně v programu Pro/E postupným přidáváním materiálu. Pro zajištění zvětšení objemu a minimalizace zvyšování hmotnosti jsou plováky vyrobeny z korku.

6.5.2. Výpočet tíhové a vztlakové síly po vyvážení

Hodnoty hmotnosti a objemu robotu byly získány z modelu robotu vytvořeného v Pro/E.

Dáno:

- Objem robotu – $V_v = 0,014 \text{ m}^3$
- Hmotnost robotu – $m_v = 14,05 \text{ kg}$

Výpočet tíhové síly

$$F_{GV} = m_v \cdot g = 14,05 \cdot 9,806 = \underline{137,77 \text{ N}} \quad (6.38)$$

Výpočet vztlakové síly

$$F_{VZV} = V_v \cdot \rho_v \cdot g = 0,014 \cdot 1000 \cdot 9,806 = \underline{137,37 \text{ N}} \quad (6.39)$$

Rozdíl mezi tíhovou a vztlakovou silou

$$F_{RV} = F_{GV} - F_{VZV} = 137,77 - 137,37 = 0,4 \text{ N} \quad (6.40)$$

Rozdíl mezi těmito silami je nepatrný. Je potřeba ještě zohlednit vzduchovou kapsu ve vodotěsném krytu a řídící jednotce, se kterou Pro/E nepočítá při analýze. S největší pravděpodobností bude nutné robot osadit přídatným závažím. Velikost závaží bude záviset na chování zkonstruovaného prototypu robotu v bazénu. Pohon robotu byl nadimenzován na hmotnost 15 kg, proto je zde velká rezerva na případné dovyvážení.

Výstupy z programu Pro/E, ze kterých byly získány vstupní hodnoty pro výpočet jsou uvedeny v příloze A.

6.6. Výpočet kluzného ložiska

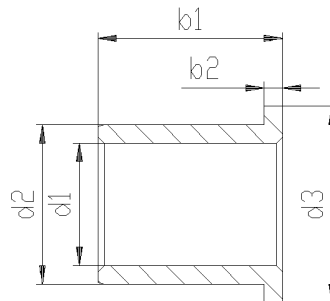
Pouzdro s osazením pro kluzné uložení bylo vybráno z katalogu společnosti Wolko - plast s.r.o. Materiál pouzdra ZX-530 série WOLF-ZEDEX je vyvinut pro použití do vodního prostředí.

Parametry pouzdra:

- Dovolенý tlak na plochu – 30 MPa (80 MPa krátkodobě)
- Mez pevnosti v tahu – 61 MPa
- Mez pevnosti v ohybu – 92 MPa
- Hustota materiálu – 1,51 kg/m³

Rozměry pouzdra:

- $d_1 = 20 \text{ mm}$
- $d_2 = 26 \text{ mm}$
- $d_3 = 32 \text{ mm}$
- $b_1 = 30 \text{ mm}$
- $b_2 = 3 \text{ mm}$



Kontrola měrného tlaku v ložisku (plošné otlačení)

Dáno:

- Působící síla (získaná z vypočtených reakcí - příloha C) $F_{\max} = 193 \text{ N}$
- Dovolенé otlačení $p_d = 30 \text{ MPa}$

Výpočet:

$$p = \frac{F}{d_1 \cdot b_1} \leq p_d \quad (6.41)$$

$$p = \frac{193}{20 \cdot 30} \leq 30$$

$$p = 0,3 \text{ MPa} \leq 30 \text{ MPa} \Rightarrow \text{Navržené ložisko vyhovuje}$$

6.7. Návrh a kontrola základních konstrukčních uzlů

Tyto součásti byly navrženy a pevnostně zkontrolovány v programu MechSoft Profi For AutoCAD 2002. Z důvodu rozsáhlosti grafických výstupu programu a větší přehlednosti v technické zprávě jsou výpočty uvedeny v přílohách B - F.

6.7.1. Návrh kuželového soukolí

Jako materiál kuželového soukolí byl zvolen technický plast PA 66 - GF30 vyznačující se velmi dobrými mechanickými vlastnostmi podobající se zušlechtěné oceli. Velkou předností tohoto materiálu je, že byl vyvinut přímo do vodního prostředí a nevyžaduje přídavné mazání. V této kapitole jsou uvedeny pouze vstupní parametry výpočtu a část protokolu vygenerována programem. Samotný výpočet je uveden v příloze B.

Vstupní parametry:

- volba počtu zubů $z_1 = z_2 = 27$
- převodový poměr $i = 1$
- modul $m_{et} = 2,5$
- šířka zubů $b = 15 \text{ mm}$
- dov. napětí v ohybu $\sigma_o = 110 \text{ Mpa}$

Protokol výpočtu:

- způsob pevnostního výpočtu: pevnostní kontrola
- rozdělení korekcí: podle Merrita
- způsob výpočtu zatížení: ze vstupního momentu a otáček příkon

Základní parametry
Převodový poměr $i = 1$
Čelní úhel záběru $\alpha = 20^\circ$
Výška hlavy zubu $h_a^* = 1$
Hlavová vůle $c^* = 0,2$
Zaoblení paty $= 0,3 (= 0,75 \text{ mm})$
Výška hlavy nástroje $= 1,2 (= 3 \text{ mm})$
Úhel sklonu zubů $\beta = 20^\circ$
Úhel $os = 90^\circ$
Čelní modul $m_{et} = 2,5 \text{ mm}$
Střední normální modul $m_{mn} = 1,9801 \text{ mm}$
Virtuální převodový poměr $u_v = 1$
Virtuální vzdálenost $os a_v = 80,459 \text{ mm}$
Vnější délka površky roztečného kužele $R_{ep} = 47,73 \text{ mm}$
Délka površky na středním kuželi $R_{mp} = 40.23 \text{ mm}$

Výška hlavy zubu $h_e = 5,5 \text{ mm}$
Šířka ozubení = 15 mm

Tab. 18 – Základní rozměry

Zatížení		Kolo 1	Kolo 2
Výkon P [kW]		0,0214	0,0207
Účinnost η		0,97	
Otáčky n [min^{-1}]		30	30
Točivý moment M_k [Nm]		6,8	6,596
Obvodová síla F_t [N]		239,04	
Normální síla F_n [N]		270,71	
Směr 1	Radiální síla F_r [N]	0	130,9
	Osová síla F_a [N]	130,9	0
Směr 2	Radiální síla F_r [N]	130,9	0
	Osová síla F_a [N]	0	130,9
Obvodová rychlost v_o [m/s]		0,0894	

Tab. 19 – Zatížení

6.7.2. Návrh a kontrola hnací a hnané hřídele

Hřídele jsou vyrobeny z nerezové oceli 17 022 dle ČSN, u které se dá odolnost proti korozi zvýšit leštěním. Vypočtené reakce a průhyby hřídelů jsou uvedeny v příloze C. U hřídelů byl kladen vysoký požadavek na minimální hodnotu průhybu při zachování co nejmenší hmotnosti obou hřídelů. Vlivem velké radiální síly ozubeného soukolí byl problematický průhyb v místě soukolí. Zvolením vhodných průměrů hřídele v místech zatížení je docílen maximální průhyb 0,091 mm při hmotnosti 1,26 kg. Obě hřídele z pevnostního hlediska vyhovují. Pevnostním výpočtem byl stanoven také minimální průměr pro kluzné ložisko 20 mm.

Vstupní zatížení hřídelů

➤ Síly od kuželového soukolí – $F_r = 130,9 \text{ N}$; $F_a = 130,9 \text{ N}$; $F_t = 239,04 \text{ N}$

➤ Síla působící na kluzné ložisko – $F_l = \frac{m \cdot g}{4} = \frac{15 \cdot 9,806}{4} = 36,77 \text{ N}$ (6.42)

6.7.3. Výpočet per na kuželovém soukolí

Použitá pera jsou vyrobená z nerezové oceli. Pevnostní výpočet per je uveden v příloze D.

6.7.4. Návrh ozubeného řemene a řemenic

Řemenice jsou vyrobeny stejně jako ozubené soukolí z technického plastu PA 66 - GF30 vyznačující se velmi dobrými mechanickými vlastnostmi. Řemen je vyroben z polyuretanu, který má velmi dobrou odolnost vůči hydrolýze a agresivnímu prostředí. Návrhový a kontrolní výpočet řemene a řemenic je součástí přílohy E.

6.7.5. Výpočet per k zajištění kol a řemenic

Použitá pera budou společná pro kolo i řemenici a jsou vyrobená z nerezové oceli. Pevnostní výpočet je součástí přílohy F. Výpočet je proveden zvlášť pro hnací a hnanou hřídel, protože vlivem použitých dvou řemenů se točivý moment rovnoměrně dělí do pásů, a proto je nutné pera na hnané hřídeli dimenzovat s polovičním momentem sníženým o účinnost převodu.

7. Řídicí systém a senzorické vybavení čistícího robotu

Důležitou součástí navrženého robotu je senzorický systém a řídicí jednotka. Hlavním úkolem senzorů je detekce stěn a hladiny bazénu. Při detekci stěny skrz řídicí jednotku je potřeba zvýšit otáčky čerpadla, tím zajistit zvětšení objemového průtoku a docílit zvětšení přítlačné síly (kap. 6.4), která umožňuje robotu čistit stěny bazénu. Detekce vodní hladiny je pro robot důležitá v tom, že po dosažení hladiny dojde k přeorientování směru pohybu a robot pokračuje v čistícím cyklu dále.

Vhodným senzorem pro detekci hladiny je hydrostatická (tlaková) sonda LFH (obr. 95) s následujícími parametry:

Technická data	
Měřené látky	kapaliny
Měřené rozsahy	různé, až 250 metrů vodního sloupce
Typ měření	hydrostatické
Provozní teplota	-10 ... 50 °C
Chyba měření	až $\leq \pm 0.25$ % z rozsahu
Výstup	analogový
Materiál těla a pouzdra	nerezová ocel + PA

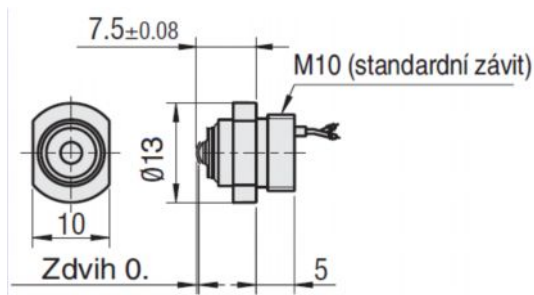
Tab. 20 – Technické data

Pro čistící robot bude plně dostačující typ 1X0, který má rozsah měření do velikosti 1 baru (100 kPa). [52]



Obr. 95

Pro detekci stěn bazénu se nabízejí 3 typy senzorů. Infrasektor, ultrazvuk a taktilní senzor. U prvních dvou je však neurčitě jak senzory budou reagovat na vodní prostředí a zda umožní detekci stěn ve vodě. U zmíněných senzorů by bylo proto nutné provést diagnostiku, která by ověřila funkčnost ve vodě. Taktilní senzor je prvek schopný snímat informaci o dotyku s prvkem vnějšího prostředí a převádět ji na elektrický signál, proto nejvhodnějším a nejlevnějším řešením je použití právě těchto senzorů. Pro detekci stěn byly vybrány čtyři vodotěsné dotykové senzory MSNWF-S (**obr. 96**) společnosti MiSUMi Europe. Senzory se umístí na robot zašroubováním do otvorů se závitem umístěných v ochranných krytech. Na přední a zadní části robotu budou senzory rozmístěny po dvou a detekce stěny bude závislá na sepnutí obou senzorů současně. [53]



Obr. 96

Podstatnou částí řídicího systému je řídicí jednotka, která informace získané ze senzoru musí zpracovat a vyhodnotit. Podrobnější zpracování řízení není předmětem této práce, proto se návrhem vhodné řídicí jednotky nebudu zabývat. V konstrukci robotu je však pro řídicí jednotku vyhrazen prostor. Pro přívod kabelů od motoru, dotykových senzorů a hydrostatické sondy do řídicí jednotky je použita průchodka elektroinstalace.

Návrh řízení s možným doplněním o dálkové ovládání, diagnostikou infrasektoru nebo ultrazvuku je možné zpracovat v bakalářské práci, případně v semestrální práci z předmětu zabývající se senzorikou.

8. Servisní požadavky

8.1. Údržba

Robot nevyžaduje speciální údržbu, avšak při každém použití je nutné vyčistit filtrační pytel od nasbíraných nečistot, propláchnout jej proudem vody a následně pytel vysušit. Tento postup zajistí delší životnost filtračního pytle a také zamezí vzniku plísní.

Funkční součásti robotu (ozubené soukolí, kluzné ložiska, řemenice) jsou vyrobeny z materiálu vyvinutého přímo do vodního prostředí a proto zde odpadá mazání.

K případnému zajištění nashromážděné vlhkosti v oblasti vodotěsných krytů a k zamezení jejímu srážení může být dodatečně robot osazen kondenzátory vlhkosti (silikagel), které se po dvou letech používání robotu musí obměnit.

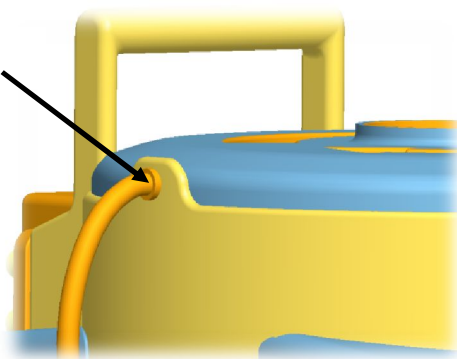
8.2. Montáž

Robot je při koupi téměř smontován. Uživatel pouze smontuje filtrační jednotku, kdy po nasazení filtračního pytle do kostry filtru je nasazeno a zašroubováno víko. Poté dojde k uchycení filtračního pytle pomocí uzávěru k sešroubované kostře filtru a víku. Následuje vložení krytky vrtule čerpadla. Smontovaná filtrační jednotka se vloží do rámu (skeletu) a zašroubuje. K snadnému zašroubování jsou určeny šipky, které zároveň označují směr zašroubování a vyšroubování. Pro zajištění celé filtrační jednotky slouží dvě hadicové přípojky s vnějším závitem, na které jsou nasunuty hadičky (**obr. 97**), kdy po vložení jednotky do rámu dojde k našroubování přípojek do víka skrz rám a tím dojde k zajištění filtrační jednotky proti vyšroubování (**obr. 98**).



Obr. 97

hadicová přípojka s hadičkou



Obr. 98

8.3. Bezpečnost

Robot je napájen stejnosměrným „bezpečným“ napětím 24 V, přesto při čistícím cyklu je zákaz koupání v bazénu. Při vkládání a vyjmutí filtrační jednotky z robotu musí být robot odpojen od zdroje napětí (Transformátor). Zdroj napětí je nutné udržovat v suchu.

9. Odhad ceny konstrukce

Ceny kupovaných komponent jsou závislé na odebraném množství, u kterého platí „čím větší odběr, tím větší sleva prodejce“. To platí i o vyráběných součástech (čím větší série, tím menší náklady na výrobu jedné součásti). Určit cenu navrženého robotu je proto velmi složité a bylo by nezbytné provést důkladnou analýzu trhu.

Z důvodu neznalosti trhu a cen některých materiálů a součástí robotu bude cena přibližně odhadnuta. Při tvorbě cen plastových komponent byla oslovena společnost zabývající se výrobou součástí z termoplastu PF PLASTY CZ s.r.o. s požadavkem na cenu výroby plastových komponent. Zde platí pravidlo, že čím je plastový výrobek (výlisek) složitější, tím náročnější je výroba vstřikovací formy. Zvýšení ceny plastového výrobku je tedy přímo úměrné složitosti výroby vstřikovací formy. Nejjednodušší formy stojí přibližně 6000 Kč, u nejsložitějších může být cena vyšší než 100 000 Kč. Plastový granulát se pohybuje v rozmezí 25 – 200 Kč/kg v závislosti na mechanických vlastnostech termoplastu. U plastových výrobků byla proto odhadnuta přibližná hodnota 3 000 Kč zahrnující v sobě materiál, a část nákladů při návrhu a výrobě formy.

Odhadovaná cena konstrukce se skládá ze dvou částí. V první části jsou nakupované komponenty, kde je cena předem známa (internetové obchody). Druhá část obsahuje ceny vyráběných plastových a nerezových součástí. Dále jsou zde obsaženy kupované komponenty, u kterých výrobce cenu neuvádí.

Přehled známých cen u nakupovaných součástí

Komponent	Cena [kč]
Čerpadlo	5 157,-
Pohonná jednotka	4 200,-
Transformátor napětí	5 200,-
Napájecí kabel	1 750,-
Kabelová průchodka PG7	10,-
Hadicová přípojka (4 ks)	100,-
Celková cena	16 417,-

Tab. 21 – Přehled cen kupovaných součástí

Přehled odhadnutých cen u vyráběných součástí

Komponent	Cena [kč]
Výroba plastových součástí včetně materiálu	3 000,-
Výroba nerezových hřídele včetně materiálu (hřídele)	800,-
Spojovací materiál (šrouby, podložky, matice, pera)	400,-
Výroba a nákup gumových součástí (řemeny, dvířka, hadičky)	700,-
Řídicí jednotka včetně senzorického vybavení	5 000,-
Cena energií a práce	1200,-
Celková cena	12 100,-

Tab. 22 – Přehled odhadovaných cen součástí**Celkový součet přibližné ceny**

$$C_c = 16417 + 12100 = 28\,517 \text{ Kč} \quad (9.1)$$

Závěr

Celkově je cena robotu odhadnuta na přibližnou hodnotu 28 517 Kč. Velký nárůst ceny způsobily kupované komponenty (čerpadlo, pohonná jednotka, transformátor, ap.). U těchto komponent je zajisté možné cenu snížit po domluvě s výrobcí při pravidelném odběru. Ceny ostatních komponent, materiálu, práce a energií lze snižovat při narůstající výrobě. Stanovený cíl zkonstruovaný robot do celkové hodnoty 29 000,- a nižší, lze proto docílit jen při podobné sériovosti jak je tomu u konkurenčních výrobců.

10. Závěr a zhodnocení dosažených výsledků

Dle zadání byla provedena analýza současného stavu, ze které byli vybráni tři zástupci bazénových čistících robotů. Tyto roboty byly podrobeny analýze v programu TechOptimizer 3.0 (TO). Při pročitání diskusních fór a rozhovoru s údržbáři rehabilitačního střediska vyplynuly nedostatky a problémy vyskytující se u robotů, které byly při sestavování funkčního modelu v programu TO zohledněny. Po analýze každého ze tří robotů, TO vygeneroval technickou zprávu hodnotící danou variantu. Pro výběr výsledné varianty byly využity hodnotící kritéria ze zprávy (hodnota funkčnosti, problémovosti, trimovacího faktoru a ceny) a následně porovnány jejich součty. Jako Nejoptimálnější variantou byl vybrán robot JetMAX (**obr. 55**) společnosti AquaProducts Inc. (varianta C).

V průběhu analýzy se postupně utvářel požadavkový list, na jehož základě byl následně zkonstruován bazénový čistící robot. Na původní cíl odstranění primárních problému jako je uchycení filtračního pytle a jeho zajištění v robotu se začaly nabalovat problémy týkající se konstrukce. U vybrané varianty byl problematický výrobcem patentovaný pohonný systém JetDrive, využívající pouze tlakovou energii získanou z čerpadla, o němž výrobce odmítl sdělit jakékoliv informace. Proto byl tento problém vyřešen za pomoci sestavené morfologické matice a nalezení alternativy v podobě přidání pohonné jednotky napájené 24 V jako zdroje pohybu, což splňuje kritérium požadavkového listu. Relativně velkým problémem se stal výběr čerpadla zajišťující nasávání znečištěné vody. Toto zařízení si každý výrobce bazénových robotů vyrábí sám a k volnému prodeji jej nedává k dispozici. Alternativou byla konstrukce nového čerpadla, což by celou konstrukci zdražilo a výsledný efekt by nemusel být optimální (problém s kavitací, zajištění požadovaného výkonu čerpadla závisujícího na tvaru lopatek, apod.). Po oslovení jedné ze společností zabývajících se výrobou bazénových robotů (AquaProducts Incorporated) s prosbou o sdělení základních technických informací o čerpadle A6010U, mi byla zaslána technická dokumentace požadovaného typu čerpadla včetně orientační ceny pro servisní střediska. Toto čerpadlo využívající se v robotech AquaMAX bylo nakonec použito.

U robotu většinu času ponořeného pod vodou bylo nutné zajistit odolnost vůči korozi a bazénové chemii, proto hřídele a spojovací materiál (šrouby, podložky, matice, pera) jsou vyrobeny z nerezové oceli. Ostatní součásti jsou z technických plastů (polypropylen a polyamid) s velmi dobrou chemickou odolností vůči agresivním látkám.

Velmi důležitým požadavkem bylo zajištění těsnosti v oblasti pohonné jednotky. Byl

zkonstruován kryt, do kterého byl pohon vložen. Utěsnění mezi krytem a víkem krytu je realizováno pomocí silikonového tmelu RHODORSEAL 5661. K utěsnění kabelového vývodu byla použita kabelová průchodka s krytím IP 68. Z důvodu použití nerezových hřídelů bylo problematické utěsnění oblasti okolo výstupní hřídele, kde použití standardního gufera nebylo možné. Tento problém byl vyřešen použitím hřídelového těsnění OmniLip™ přímo určeného pro hřídele vyrobené z nerezové oceli.

Tolik kritizované nasazování a zajištění filtračního pytle bylo vyřešenou použitím dvou uzávěrů (zipů), kdy po nasazení filtračního pytle na rám filtrační jednotky (kostra filtru + víko) dojde pomocí jezdece pohybem po obvodu rámu k vytvoření spoje a tím k upevnění pytle na rám. Po uchycení pytle se celá filtrační jednotka zašroubuje do skeletu (rámu) robotu a zajistí proti vyšroubování pomocí dvou hadicových přípojek. Oproti vybrané varianty došlo tedy k výraznému zjednodušení.

Součástí technické zprávy je výpočtová část, obsahující návrh pohonu, výpočet příkonu čerpadla, výpočet přitlačné síly, vyvážení vztlakové a tíhové síly, kontrola kluzných ložisek. Výpočtová část dále obsahuje základní návrhové a kontrolní výpočty (návrh ozubeného soukolí, návrh řemene, kontrola hřídelů na průhyb, návrh a kontrola per, atd.) realizované v programu MechSoft Profi For AutoCAD 2002.

Vypracovanou práci lze určitě dále rozvinout o návrh řízení (vhodná řídicí jednotka, software) s možným doplněním o dálkové ovládání, vyhotovením komplexní výpočtové zprávy. Pro detekci překážek a vodní hladiny se zprvu uvažovalo o použití infrasenzoru nebo ultrazvuku. Po konzultacích s odborníky, kteří nedokázali říci, zda tyto senzory obtoží a řídicímu systému dodají požadované informace o okolním prostředí, by bylo zajímavé provést diagnostické měření a po případném úspěchu robot alternativně osadit jedním z výše zmíněným senzorů.

Parametry bazénového čistícího robotu	
Čistící schopnost (dno/stěny)	•/•
Délka napájecího kabelu	17 m
Filtrační výkon (objemový průtok)	19,4 m³/hod
Hmotnost robotu	14,05 kg
Napájecí napětí (Transformátor/robot)	230 V AC /24 V DC
Odhadovaná cena robotu	28 517 Kč
Příkon robotu	183,8 W
Rozměry (d x š x v)	618 x 490 x 291 mm

Tab. 23 – Základní parametry robotu

11. Zdroje použité literatury

11.1. Seznam tištěné literatury

- ADAMUS, P. *Konstrukční návrh inspekčního robotu pro monitorování pod vodní hladinou*. Diplomová práce. Ostrava: VŠB-TU Ostrava FS, 2004, 86 s.
- KÁRNÍK, L. Servisní roboty. VŠB-TU, Ostrava: 2004, 144 s. ISBN 80-248-0626-6.
- LEINVEBER, J.; ŘASA, J.; VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. 3. Vydání. Praha: Scientia – Pedagogické nakladatelství, 1999. 985 s. ISBN 80-7183-164-6.
- NOSKIEVIČ, J. *Hydromechanika*. 2. vydání, Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1986. 159 s. Skriptum.
- NOSKIEVIČ, J.; RÝC, Z.; ŠTÁVA, P.; JANALÍK, J. *Mechanika tekutin - sbírka příkladů*. 1. vydání, Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1986, 214 s. Skriptum.
- NOVÁK, P. *Mobilní roboty: pohony, senzory, řízení*. 1. vydání. Praha: BEN, 2005. 248 s. ISBN 80-7300-141-1.
- SKAŘUPA, J. *Kreativita a inovační myšlení v konstruování*. 1. vydání, Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007. 230 s. ISBN 978-80-248-1717-0.
- SKAŘUPA, J. *Metodika konstruování*. 1. Vydání, Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 1993. 158 s. ISBN 80-7078-167-X.
- SKAŘUPA, J.; MOSTÝN, V. *Metody a prostředky návrhu průmyslových a servisních robotů*. 1. vydání, Košice: Viena Košice, 2002. 190 s. ISBN 80-88922-55-0
- VLK, F. *Dynamika motorových vozidel*. 2. vydání. Brno: František Vlk, 2003. 432 s. ISBN 80-239-0024-2
- ČSN 01 6910 *Úprava písemností zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, 2007. 48 s.
- ČSN ISO 690 (01 0197) *Dokumentace: Bibliografické citace: Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.

11.2. Seznam internetových zdrojů

Veškeré internetové zdroje jsou zkontrolovány a aktuální ke dni 14. 5. 2010

- [1] <http://www.bazenexpert.cz/bazenove-vysavace/vysavac-delux/>
- [2] http://www.prag-info.cz/_shop/index_.php?shop=MTMxMQ==&akce=detail&id=14033
- [3] http://www.prag-info.cz/_shop/index_.php?shop=MTMxMQ==&akce=detail&id=93304
- [4] http://www.prag-info.cz/_shop/index_.php?shop=MTMxMQ==&akce=detail&id

=14034

- [5] <http://uk.zodiac-poolcare.com/pool-cleaning-robots/lazernaut-robot26/lazernaut-unrivalled-suction-power-and-cleaning-precision.html>
- [6] <http://www.bazeny-lt.cz/eshop/cistici-roboty/cistici-robot-zodiac-indigo.html>
- [7] <http://www.eshop-bazeny.cz/bazenovy-robot-sweepy-m3-kabel-16m.htm>
- [8] <http://www.podvodni-vysavace.cz/aquabot-bravo.htm>
- [9] <http://www.podvodni-vysavace.cz/aquabot-viva.htm>
- [10] <http://www.podvodni-vysavace.cz/ultrabot-magnum.htm>
- [11] <http://www.podvodni-vysavace.cz/ultramax.htm>
- [12] <http://www.podvodni-vysavace.cz/ultramax-junior.htm>
- [13] http://www.bazeny-lt.cz/editor/filestore/File/moby-1_cz.pdf
- [14] http://dolphin.maytronics.com/en-gb/residential_-_swimming_pool/dolphin-swash/
- [15] <http://www.bazen-obchod.cz/automaticke-vysavace-bazenu/dolphin/Bazenovy-vysavac-Dolphin-Diagnostic-D2001.html>
- [16] <http://www.bazen-obchod.cz/automaticke-vysavace-bazenu/dolphin/Bazenovy-vysavac-Dolphin-Diagnostic-D3001.html>
- [17] http://dolphin.maytronics.com/en-gb/commercial_-_swimming_pool/dolphin-dynamic-prox/
- [18] <http://www.bazen-obchod.cz/automaticke-vysavace-bazenu/dolphin/Bazenovy-vysavac-Dolphin-Dynamic-2002-PLUS.html>
- [19] http://dolphin.maytronics.com/en-gb/residential_-_swimming_pool/dolphin-dinamic-plus- battery/
- [20] http://dolphin.maytronics.com/en-gb/commercial_-_swimming_pool/dolphin_dynamic_pro_x_battery/
- [21] http://dolphin.maytronics.com/en-gb/residential_-_swimming_pool/dolphin-magic/
- [22] http://dolphin.maytronics.com/en-gb/residential_-_swimming_pool/dolphin-luminous/
- [23] http://dolphin.maytronics.com/en-gb/residential_-_swimming_pool/dolphin_supreme_m4/
- [24] http://dolphin.maytronics.com/en-gb/residential_-_swimming_pool/dolphin_supreme_m5/
- [25] <http://www.rvbazeny.cz/cesky/cisteni.htm>
- [26] <http://www.bazen-obchod.cz/automaticke-vysavace-bazenu/dolphin/Bazenovy-vysavac-Dolphin-D2x2.html>

- [27] <http://www.rvbazeny.cz/cesky/cisteni.htm>
- [28] <http://www.bazeny-lt.cz/eshop/cistici-roboty/dolphin-easykleen.html>
- [29] <http://www.servisbazen.cz/bazenove-prislusenstvi/vysavace/>
- [30] <http://www.astralpool.cz/katalog/cisteni-bazenu-8-z-22>
- [31] <http://www.astralpool.cz/katalog/cisteni-bazenu-8-z-22>
- [32] http://www.robotadvice.com/irobot-verro-300_robot.html
- [33] http://store.irobot.com/product/index.jsp?productId=3024776&cp=2662061&ab=CMS_IRBT_100909&parentPage=family#specifications
- [34] <http://www.robotshop.us/aquabot-robot-pool-cleaner.html>
- [35] <http://www.robotshop.us/pool-rover-robot-pool-cleaner.html>
- [36] <http://www.robotshop.ca/jetmax-jr-commercial-robot-pool-cleaner.html>
- [37] <http://www.robotshop.us/duramax-commercial-robot-pool-cleaner-1.html>
- [38] <http://www.robotshop.us/duramax-duo-commercial-robot-pool-cleaner.html>
- [39] <http://www.robotshop.us/duramax-trio-commercial-robot-pool-cleaner.html>
- [40] <http://www.robotshop.us/aquaproducts-ultramax-gemini-commercial-pool-cleaner.html>
- [41] <http://www.robotshop.us/solar-breeze-pool-skimming-robot-1.html>
- [42] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Kavitace>
- [43] <http://www.wolkoplast.cz/files/bezudrzbova-kluzna-pouzdra-zedex.pdf>
- [44] http://www.plastymorava.estranky.cz/stranka/ertalon-6sa-_pa-6_
- [45] <http://www.mphservis.cz/plasty/1-pa/35-pa-6-6-gf-30-extrudovany/>
- [46] <http://vitocom.cz/Udrzba/rhodorseal.htm>
- [47] www.timeseal.cz/download.aspx?dontparse=true&FileID=4
- [48] <http://www.unipetrolpa.cz/cs/nabidka-produktu/petrochemicke-produkty/polyolefiny/product-detail.jsp?product=MA611&category=PP&lang=cs>
- [49] www.sfmfiltry.cz/filtracni_hadice_a_sacky.html, 257, 0, 20, 244
- [50] <http://www.unipetrolpa.cz/cs/nabidka-produktu/petrochemicke-produkty/polyolefiny/product-detail.jsp?product=NB425&category=PP&lang=cs>
- [51] <http://www.engineershandbook.com/Tables/frictioncoefficients.htm>
- [52] http://www.sick.cz/cz/novinky/automatizace/fluidni_senzorika/lfh/cs.html
- [53] <http://www.misumi-ec.com/egrmcz/pdf/fa/p1025.pdf>

11.3. Seznam zdrojů u použitých obrázků

Obr. 1 http://www.vikingpools.net/images/spotlight/testimonials/quinn_pool.jpg

Obr. 2 <http://www.sports.unimelb.edu.au/images/Facilities/pool.jpg>

- Obr. 3** <http://www.digitalapoptosis.com/archives/montreal/Olympic%20Pool.jpg>
- Obr. 8c** http://root.zodiac-poolcare.com/images_upload/is-track-system_181.jpg
- Obr. 11a** <http://www.bestway-ukraine.com/files/aquabot-bravo-2.jpg>
- Obr. 16a** <http://www.bazeny-lt.cz/eshop/cistici-roboty/dolphin-moby.html>
- Obr. 16b** <http://www.servisbazen.cz/objects/text/showimage.php?height=480&width=640&data=/domain/bazeny/files/vysavace/moby.jpg>
- Obr. 17** http://dolphin.maytronics.com/Media/Uploads/swash_238.jpg
- Obr. 18** <http://www.bazen-obchod.cz/automaticke-vysavace-bazenu/dolphin/images/zbozi/2-1-475c278f8e7b9.jpg>
- Obr. 19** http://dolphin.maytronics.com/Media/Uploads/diagnostic3001_238.jpg
- Obr. 20a** <http://www.bazen-obchod.cz/automaticke-vysavace-bazenu/dolphin/images/zbozi/3-2-475c2834e16a6.jpg>
- Obr. 20b** <http://www.bazen-obchod.cz/automaticke-vysavace-bazenu/dolphin/images/zbozi/3-1-475c282d93863.jpg>
- Obr. 21** http://dolphin.maytronics.com/Media/Uploads/PRO_X_238.jpg
- Obr. 22** http://dolphin.maytronics.com/Media/Uploads/Pro_x_Battery_238.jpg
- Obr. 23** http://dolphin.maytronics.com/Media/Uploads/plus-battery_238.jpg
- Obr. 24a** <http://www.comparestoreprices.co.uk/images/unbranded/d/unbranded-dolphin-magic-automatic-pool-cleaner.jpg>
- Obr. 24b** http://www.liopool.ch/assets/images/ART_15030_dolphin_magic_caddy.jpg
- Obr. 25** <http://dolphin.maytronics.com/Media/Uploads/lum6small238.jpg>
- Obr. 26** <http://dolphin.maytronics.com/Media/Uploads/SUPREMEM4.jpg>
- Obr. 27** <http://dolphin.maytronics.com/Media/Uploads/SUPREMEM5.jpg>
- Obr. 28** <http://dolphin.maytronics.com/Media/Uploads/2x2.jpg>
- Obr. 29** <http://www.hurlcon.com.au/images/Wave.jpg>
- Obr. 30** http://www.distri-piscine.fr/images/easykleen_dolphin.png
- Obr. 31** <http://www.piscines-online.com/images/superkleen-cote.jpg>
- Obr. 33** http://www.swimmingpool-cleaners.com/images/articles/AST_DOLPHIN_ULTRABATTERY2.jpg
- Obr. 34a** <http://www.robotadvice.com/images/irobot-verro-300-large.jpg>
- Obr. 34b** <http://www.techlemming.com/wp-content/uploads/2007/05/irobot-verro-300-pool-cleaning-1.jpg>
- Obr. 35a** http://irbt.imageg.net/graphics/product_images/pIROBOT1-4513242_robot5_dt.jpg

- Obr. 36** <http://www.robotshop.us/Images/xbig/en/aquabot-robot-pool-cleaner-B.jpg>
- Obr. 37** <http://www.robotshop.us/Images/xbig/en/pool-rover-robot-pool-cleaner-B.jpg>
- Obr. 38** <http://www.robotshop.ca/Images/xbig/en/jetmax-jr-commercial-robot-pool-cleaner-B.jpg>
- Obr. 39** <http://www.robotshop.us/Images/xbig/en/duramax-commercial-robot-pool-cleaner-B.jpg>
- Obr. 40** <http://www.robotshop.us/Images/xbig/en/duramax-duo-commercial-robot-pool-cleaner-B.jpg>
- Obr. 41** <http://www.robotshop.us/Images/xbig/en/duramax-trio-commercial-robot-pool-cleaner-B.jpg>
- Obr. 42** <http://www.robotshop.us/Images/xbig/en/aquaproducts-ultramax-gemini-commercial-pool-cleaner-B.jpg>
- Obr. 43** <https://admin.robotshop.ca/content/images/solar-breeze-detail.jpg>
- Obr. 44a** <http://www.ifr.org/service-robots/products>
- Obr. 44b** <http://redspools.com/PoolCleaner58948.jpg>
- Obr. 44c** <http://www.distri-piscine.fr/images/robot-polaris-280-robot-piscine-polaris.jpg>
- Obr. 44d** <http://www.poolcenter.com/nitro-pool-robots.jpg>
- Obr. 44e** http://botropolis.com/wp-content/bl_sum-thumb-450x338.jpg
- Obr. 44f** http://botropolis.com/wp-content/uploads/papa_1_xgvna_54.jpg
- Obr. 44g** <http://www.laboutiquedelapiscine.fr/images/robokleen.jpg>
- Obr. 44h** <http://www.laboutiquedelapiscine.fr/images/robot-piscine-zodiac-vortex-3.jpg>
- Obr. 44i** <http://www.distri-piscine.fr/images/robot-piscine-polaris-ATV-polaris-robot.jpg>
- Obr. 44j** http://discounterspoolandspa.com/Store/Assets/ProductImages/AUTO_CLEANERS/3682_Hayward_E-VAC_RC9738.jpg
- Obr. 44k** http://discounterspoolandspa.com/Store/Assets/product/HAYWARD_PHANTOM_X3501180444110_722.jpg
- Obr. 45** <http://www.laboutiquedelapiscine.fr/images/Image/starvac2-3.jpg>
- Obr. 47** http://www.h2o-marketing.com/ordering/service_Parts.htm
- Obr. 51** http://www.poolchemicalsonline.co.uk/Spares/Automatic_Pool_Cleaners/Dolphin_Dynamic_Plus_Battery
- Obr. 55** <http://www.123aquabot.com/parts-files/images/jetmax-jr.jpg>
- Obr. 61** http://img.alibaba.com/photo/231813964/Silica_Gel_Silicon_Gel.jpg
- Obr. 64** <http://www.ipros.jp/products/018784/006/img/FHA-Cmini.jpg>

- Obr. 65** http://www.aquaqualitypools.com/images/aqua_products_parts/power_supply_pool_rover.jpg
- Obr. 69** http://www.aquaqualitypools.com/images/aqua_products_parts/cable_assembly.jpg
- Obr. 76** http://www.gme.cz/_dokumentace/dokumenty/656/656-312/pct.656-312.1.jpg
- Obr. 97** <http://www.hojdanek.cz/produkty/PNEUMATIK%20AG.jpg>

12. Seznam příloh

Příloha A - Vyvážení tíhové a vztakové síly

Příloha B - Návrh kuželového soukolí

Příloha C - Návrh a kontrola hnací a hnané hřídele

Příloha D - Výpočet per na kuželovém soukolí

Příloha E - Návrh ozubeného řemene a řemenic

Příloha F - Výpočet per k zajištění kol a řemenic

Výkresy

Sestavný výkres bazénového robotu (AutoCAD 2008) DP – GRE 173

Přiložené CD

Sestavný výkres bazénového robotu (AutoCAD 2002, 2008) DP – GRE 173

Konstrukční model bazénového robotu (Pro/Engineer W2)

Diplomová práce ve formátu MSWORD (Word 2007)

Zadání diplomové práce (formát PDF)

Záznam o závěrečné práci na katedře robototechniky (Word 2007)

Poděkování

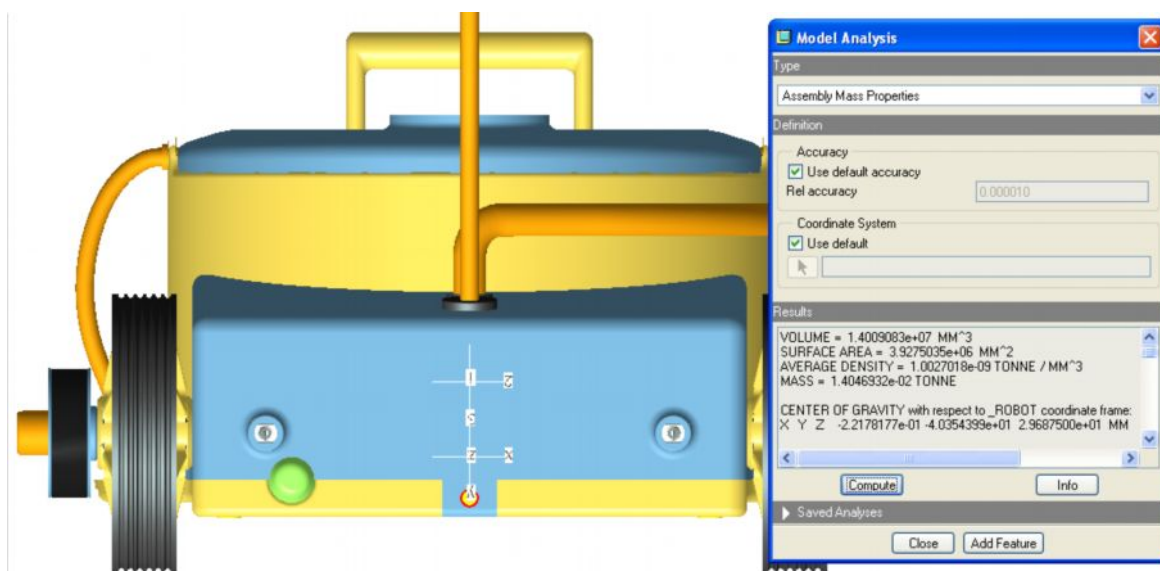
Rád bych poděkoval svému vedoucímu panu prof. Ing. Jiřímu Skařupovi, CSc. za jeho cenné náměty, připomínky a hlavně čas, který mi věnoval při konzultacích této práce. Dále bych rád poděkoval panu doc. Ing. Zdeňku Konečnému, Ph.D. za jeho náměty při konstrukci tohoto robotu ve cvičeních z předmětu Diplomový projekt a také panu prof. Dr. Ing. Petru Novákovi za cenné rady při výběru senzorického vybavení robotu. V neposlední řadě musím poděkovat panu Yoramu Mendelsonovi ze společnosti Aquaproducts Inc. za poskytnutí informací ohledně čerpadla a také za pomoc při řešení problému s napájecím kabelem.

Přílohy

Příloha A – Vyvážení tíhové a vztlakové síly



Obr. A-1 – Robot před přidáním plováků (nevyvážený)



Obr. A-2 – Robot s plováky (vyvážený)

Příloha B - Návrh kuželového soukolí

Zadání do programu:

Výpočet kuželového ozubení : 1

Soubor Přenos Nástroje Nápožeda

Pevnost Vypočítat Databáze

Geometrie Rozměry Tolerance Zatížení

Základní parametry

Převodový poměr 1

Počet zubů 27 27

Čelní úhel záběru α_t 20

Úhel sklonu zubů β_m 20 Pravý

Úhel os Σ 90

Čelní modul met 2.5 mm

Jednotkové rozměry zubů

Výška hlavy zubu h_a^* 1

Hlavová vůle c^* 0.2

Zaoblení paty 0.3

Šířka ozubení

Šířka ozubení 15 mm

Šířkový poměr 0.3143

Součinitel trvání záběru 2.3901

Jednotková korekce

Jednotková korekce -0.3203

Jednotková změna tloušťky zubu 0


Bez zúžení zubu -0.1926 -0.1926

Bez podříznutí -1.6889 -1.6889

S dovol. podříznutím -1.856 -1.856

Šířka hlavy zubu 0.7858 0.6252

Snížení hlavy zubu 0 0



Obr. B-1

Výpočet kuželového ozubení : 1

Soubor Přenos Nástroje Nápožeda

Pevnost Vypočítat Databáze

Geometrie Rozměry Tolerance Zatížení

Zatížení

Kolo 1 Kolo 2

Výkon P 0.0214 0.0207 kW

Účinnost η 0.97

Otáčky n 30 30 min⁻¹

Točivý moment M_k 6.8 6.596 Nm

Materiálové hodnoty

Dovolené napětí v ohybu σ_{Do} 110 110 MPa

Výsledky

Dovolené zatížení F_d 458.4094 458.4094 N

Koeficient bezpečnosti S 1.9177 1.9177

Pevnostní kontrola Vyhovuje

Síly

Směr 1 Směr 2

Radiální síla F_r 0 130.9399 130.9399 0 N

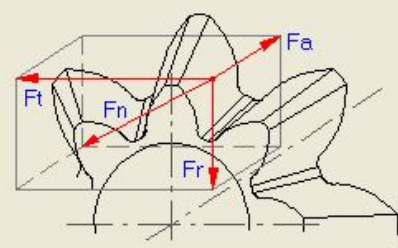
Osová síla F_a 130.9399 0 0 130.9399 N

Obvodová síla F_t 239.0436 N

Normální síla F_n 270.7107 N

Obvodová rychlost v 0.0894 m/s

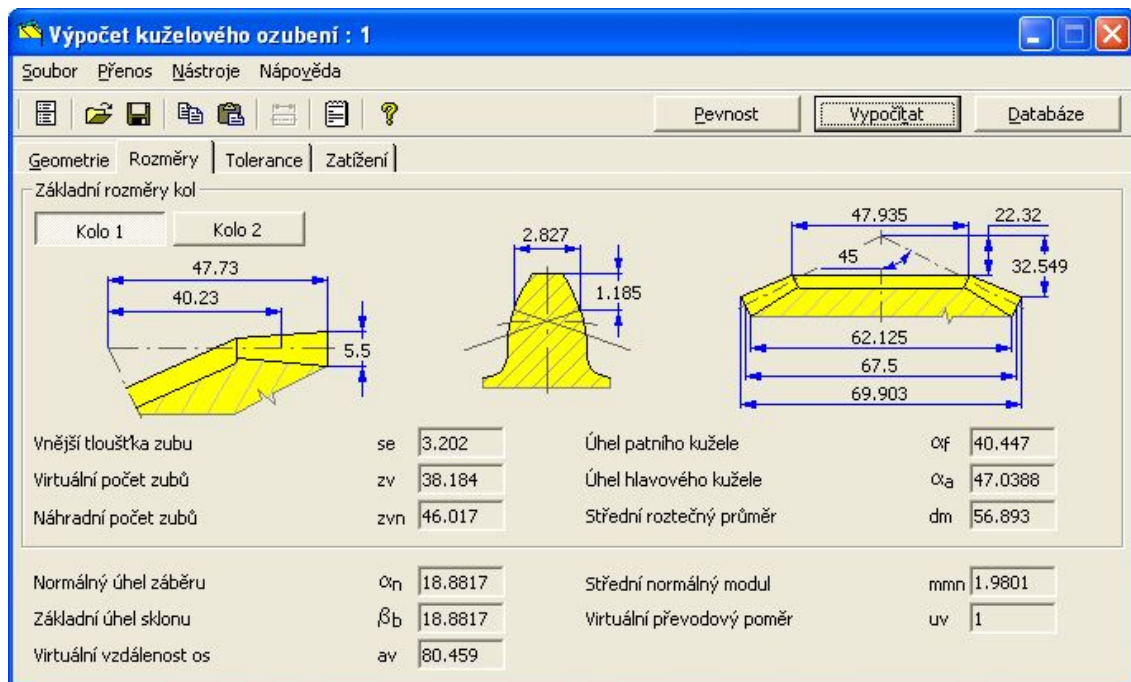
Rezonanční otáčky n_{E1} 21656.78 min⁻¹



Obr. B-2

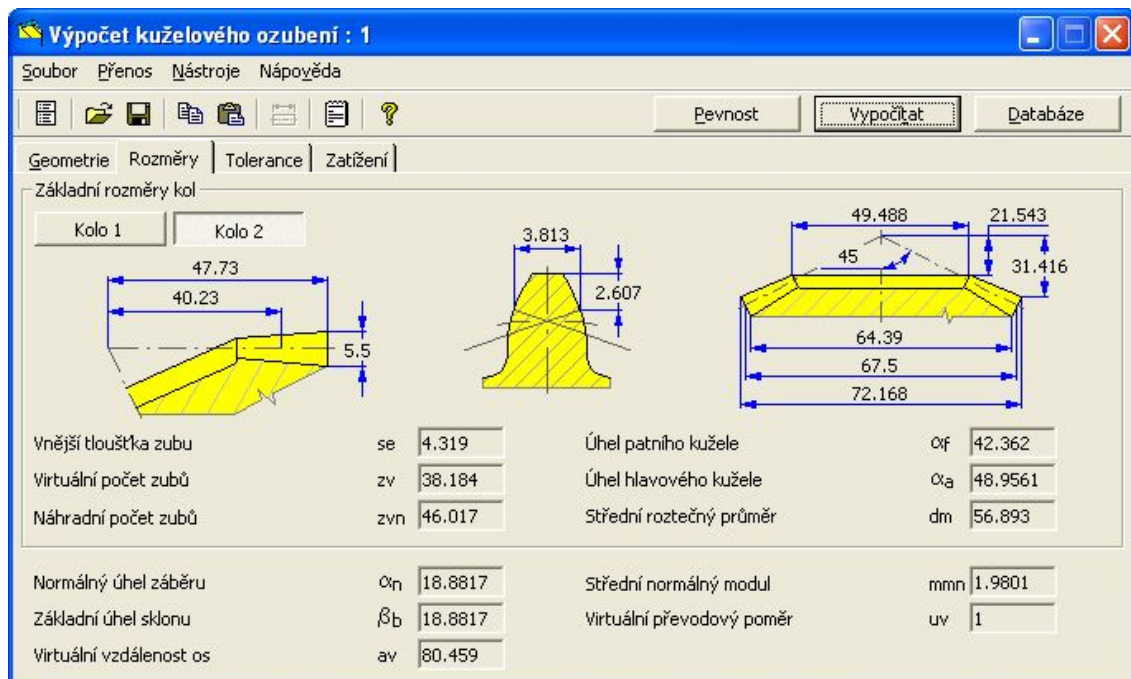
Rozměry kol

Kolo 1:



Obr. B-3

Kolo 2:



Obr. B-4

Příloha C - Návrh a kontrola hnací a hnané hřídele**Výpočet hnací hřídele****Zadání do programu:**

Hřídel : 1

Soubor Editovat Přenos Nástroje Nápořádá

Celková délka 485.4 mm

Zadání Výsledky Síla Moment Natočení Průhyb Ohyb Střih Krut Tah/Tlak Součet Hřídel

Konstanty

Materiál: Nerez

Modul pružnosti v tahu: 190000 MPa

Modul pružnosti ve smyku: 73000 MPa

Měrná hmotnost: 8030 kg/m³

Souč. smykového posunutí: 1.188

Počet dělení nosníku: 500

Způsob výpočtu red. napětí: HMM

Vypočítat

Podpory

Číslo: 1 Přidat Odstranit

Umístění

Číslo elementu: 2

Vzdálenost: 52.15 mm

Typ podpory - ložiska: vlastní

Vnější průměr: mm

Šířka: mm

Poddajnost: 0.018943 μm/N

Axiální: ☒

Zatížení

Číslo: 2 Přidat Odstranit

Umístění

Číslo elementu: 7

Vzdálenost: 15 mm

Otočit: rovina XY rovina XZ

Radiální síla: 130.93 239.04 N

Ohybový moment: 0 0 Nm

Spojitě zatížení: 0 0 N/mm

Axiální síla: 130.93 N

Točivý moment: 0 Nm 3D

Rozměry

Obr. C-1**Výsledek:**

Hřídel : 1

Soubor Editovat Přenos Nástroje Nápořádá

Celková délka 485.4 mm

Zadání Výsledky Síla Moment Natočení Průhyb Ohyb Střih Krut Tah/Tlak Součet Hřídel

Podpory [Fry[N], Fry[N], (Součet), Fa[N], průhyb[mm], natočení[rad]]

92.8,	91.1,	130,	130.9,	0.002317,	0.000894
124.1,	147.9,	193,	0.0,	0.003666,	0.001006

[Průhyb[mm], natočení[rad]] v místě zatížení

0.041027,	0.000773
0.093876,	0.000280
0.045598,	0.000807

Maximální napětí = 21.8 MPa

Úhel zkroucení = -0.055 stupňů

Hmotnost = 1.262 kg

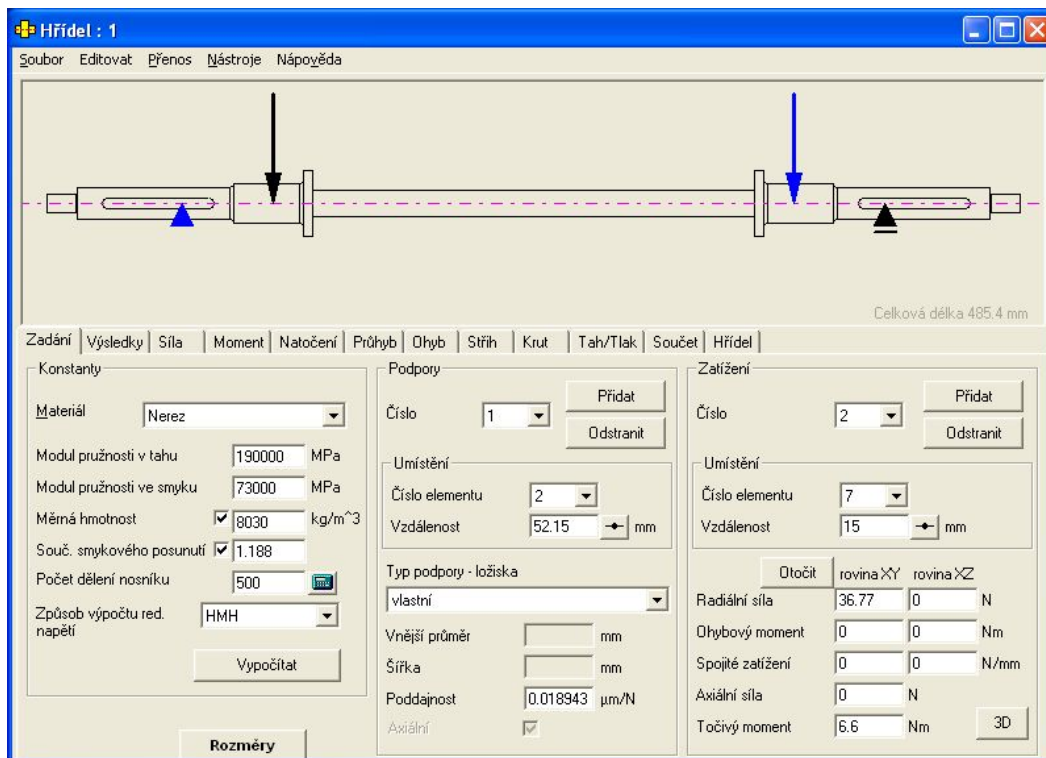
Protokol

Rozměry

Obr. C-2

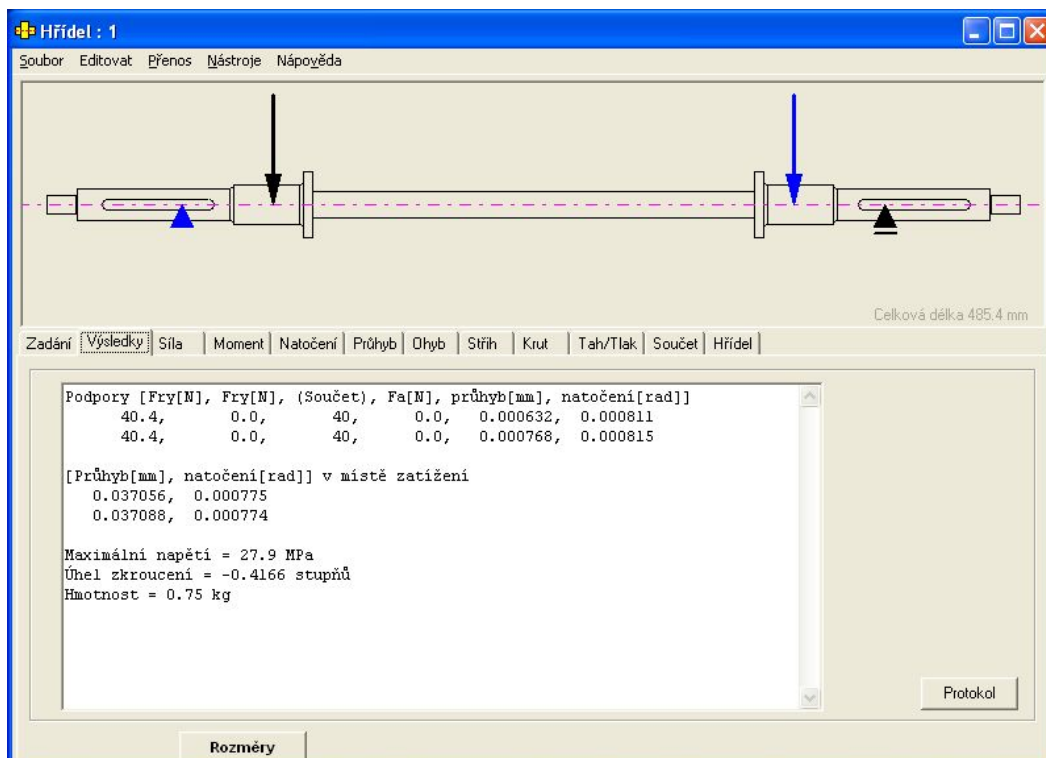
Výpočet hnané hřídele

Zadání do programu:



Obr. C-3

Výsledek:



Obr. C-4

Příloha D - Výpočet per na kuželovém soukolí

Výpočet pera na hnací hřídeli

Výpočet pera : 1

Soubor Přenos Nástroje Nápořádá

Vypočítat Databáze

Zatížení

Výkon P 0.021 kW

Otáčky n 30 min⁻¹

Točivý moment Mk 6.8 Nm

Rozměry

Průměr hřídele d 26 mm

Pero 8x7

Délka pera L 20.00 mm

Činná délka pera Lf 12 mm

Délka drážky gl 56 mm

Výsledky výpočtu

Min. činná délka pera 1.359 mm

Výsledný redukovaný tlak 12.454 MPa

Redukovaný dovolený tlak 110 MPa

Pevnostní kontrola Vyhovuje

Vlastnosti spoje

Materiál Vlastní

Dovolенý tlak 110 MPa

Počet per 1

Koeficienty snížení únosnosti spoje vlivem :

- výrobní nepřesností u spoje s více perý 1
- způsobu uložení a charakteru zatížení 1

Obr. D-1

Výpočet pera na hřídeli motoru

Výpočet pera : 1

Soubor Přenos Nástroje Nápořádá

Vypočítat Databáze

Zatížení

Výkon P 0.021 kW

Otáčky n 30 min⁻¹

Točivý moment Mk 6.8 Nm

Rozměry

Průměr hřídele d 15 mm

Pero 5x5

Délka pera L 12.00 mm

Činná délka pera Lf 7 mm

Délka drážky gl 56 mm

Výsledky výpočtu

Min. činná délka pera 3.297 mm

Výsledný redukovaný tlak 51.81 MPa

Redukovaný dovolený tlak 110 MPa

Pevnostní kontrola Vyhovuje

Vlastnosti spoje

Materiál Vlastní

Dovolенý tlak 110 MPa

Počet per 1

Koeficienty snížení únosnosti spoje vlivem :

- výrobní nepřesností u spoje s více perý 1
- způsobu uložení a charakteru zatížení 1

Obr. D-2

Závěr: pevnostní kontrola obou navrhovaných per vyhovuje.

Příloha E - Návrh ozubeného řemene a řemenic**Zadání do programu:**

Převod ozubenými řemeny : 1

Soubor Přenos Nástroje nápověda

Vypočítat Databáze

Geometrie Rozměry Pevnostní výpočet

Základní parametry

Ozubené řemeny, Převody s ozubenými řemeny ISO 5296

Typ	p	b	Fd
XL 037	5.080	9.5	53
L 050	9.525	12.7	105
L 075	9.525	19.1	180
L 100	9.525	25.4	245

Parametry kol

	1	2	3	4
Převodový poměr i	1			
Počet zubů z	22	22		
Otáčky n	30	30		
Točivý moment Mk	3.4	3.298		
Podíl výkonu Px		100		

min-1 Nm %

Obr. E-1**Pevnostní výpočet:**

Převod ozubenými řemeny : 1

Soubor Přenos Nástroje nápověda

Vypočítat Databáze

Geometrie Rozměry Pevnostní výpočet

Koeficienty

Součinitel dynamičnosti Cp 1.2

Součinitel převodu Ki 0

Dopočítané zatížení Fv 122.337 N

Sily

Obvodová síla F 101.946 N

Odstředivá síla Ff 0.001 N

Celková tahová síla Ft 101.947 N

Obvodová rychlost v 0.105 m/s

Pevnostní kontrola

☐ Vlastní hodnoty

Tabulkové zatížení Ftab 180 N

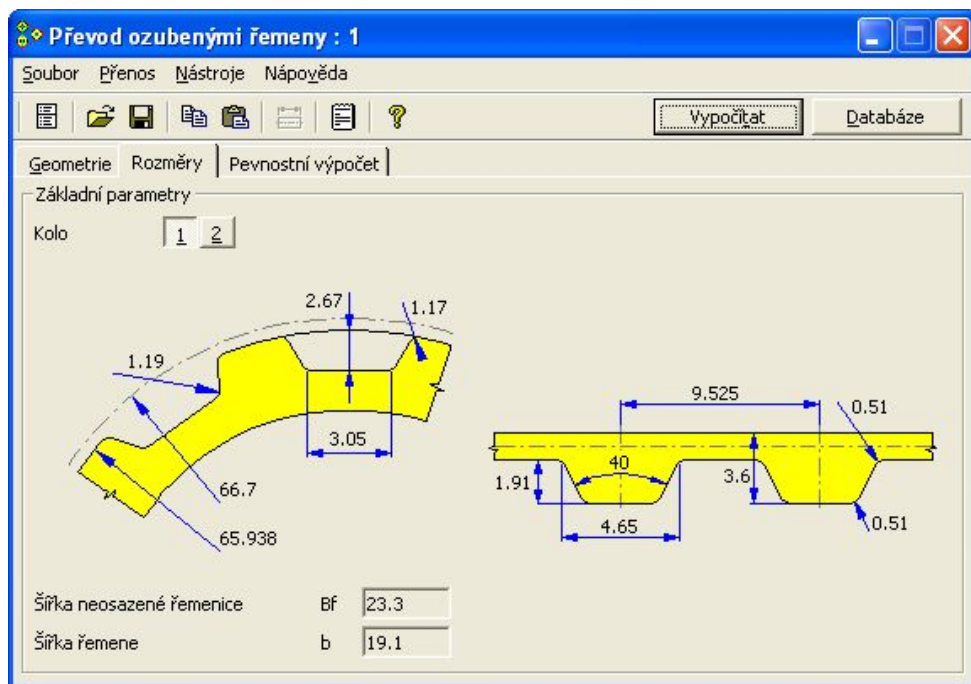
Součinitel délky řemene Cl 1

Souč. počtu zabírajících zubů Kz 1

Dovolené zatížení Fd 180 N

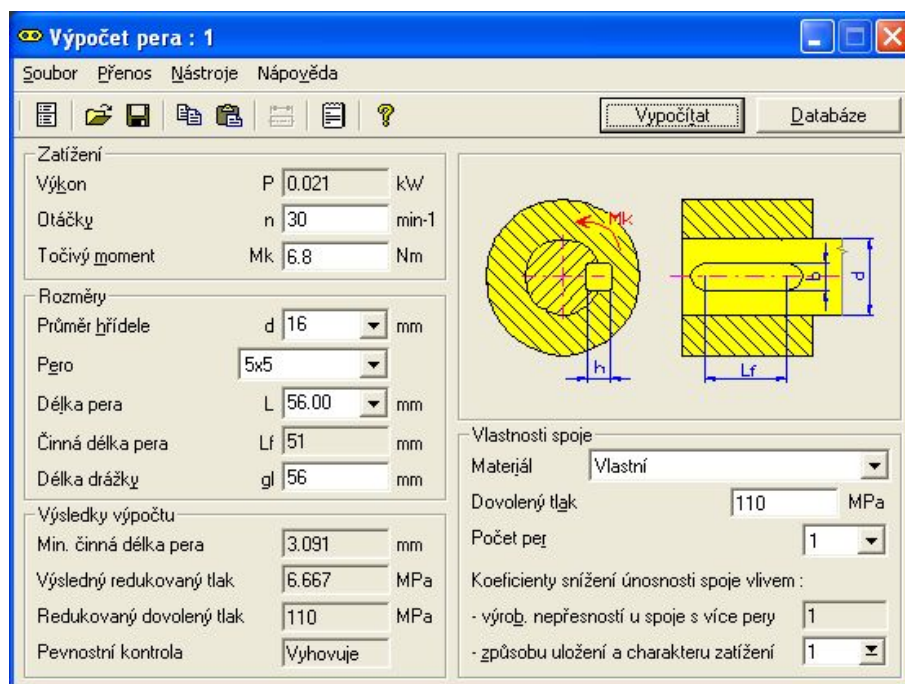
Pevnostní kontrola Vyhovuje

Obr. E-2

Rozměry kol:

Obr. E-3

Vlivem převodového poměru $i = 1$ jsou rozměry obou kol stejné. Proto jsou zde uvedeny pouze rozměry řemenice „1“

Příloha F - Výpočet per k zajištění kol a řemenic**Hnací hřídel**

Obr. F-1

Hnaná hřídel

Výpočet pera : 1

Soubor Přenos Nástroje nápověda

Vypočítat Databáze

Zatížení

Výkon P 0.01 kW

Otáčky n 30 min⁻¹

Točivý moment Mk 3.298 Nm

Rozměry

Průměr hřídele d 16 mm

Pero 5x5

Délka pera L 56.00 mm

Činná délka pera Lf 51 mm

Délka drážky gl 56 mm

Výsledky výpočtu

Min. činná délka pera 1.499 mm

Výsledný redukovaný tlak 3.233 MPa

Redukovaný dovolený tlak 110 MPa

Pevnostní kontrola Vyhovuje

Vlastnosti spoje

Materiál Vlastní

Dovolený tlak 110 MPa

Počet per 1

Koeficienty snížení únosnosti spoje vlivem :

- výrobní nepřesností u spoje s více pery 1

- způsobu uložení a charakteru zatížení 1

Obr. F-2

Závěr: pevnostní kontrola obou navrhovaných per vyhovuje.